R

Band 48 / Heft 4 Oktober 1961

E & A Index

OMMONWEALTH INST.
NTOMOLOGY LIBRARY
27 NOV 1961
RIAL Eur. 2.70
PARATE

ZEITSCHRIFT FÜR ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE

ZUGLEICH ORGAN DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE

BEGRÜNDET VON K. ESCHERICH

HERAUSGEGEBEN VON

W. ZWÖLFER

Dr. rer. nat., o. ö. Professor für angewandte Zoologie
an der Universität München

Mit 64 Abbildungen

VERLAG PAUL PAREY · HAMBURG UND BERLIN
POSTVERLAGSORT HAMBURG

Inhalt

ORIGINALAUFSÄTZE

Die Tierbesiedlung des Kompostes bei Zusatz verschiedener anorganischer Düngemittel im Flachkompostverfahren nach P. Augustin Hessing. Von E. MROHS 345

Quantitative Untersuchungen über die Bedeutung der Asseln und der Bakterien für die Fallaubzersetzung unter Berücksichtigung der Wirkung künstlicher Düngemittelzusätze. Von A. BIWER, Teil II 377

The life history and ecology of the Short-Horned Grasshoppers, Eyprepocnemis roseus Uvarov (Orthoptera: Acrididae). By K. N. KATIYAR 395

Zur Biologie und Bekämpfung des Kleinen Pappelbockes *(Saperda populnea* L.) in Jugoslawien. Von S. ŽIVOJINOVIĆ 410

Konstitution und Wirkung von Insektiziden, Mitt. XVI. Von R. RIEMSCHNEIDER 423

Waxes of the lac insect and their glands. Von S. MAHDIHASSAN 433

VERSCHIEDENES

Autorenregister zu Band 48 445

Sachregister zu Band 48 449

Dieses Heft enthält 2 Beilagen des Verlages Paul Parey

Schriftleitung: Alle Einsendungen sind mit dem ausdrücklichen Vermerk „Für Zeitschrift für angewandte Entomologie" ausschließlich an Prof. Dr. W. Zwölfer, München 13, Amalienstr. 52, Gartengeb., zu richten.

Manuskripte: Die Zeitschrift veröffentlicht Originalabhandlungen, kleine Mitteilungen und Buchbesprechungen. Die Beiträge sind so kurz und präzise wie möglich zu halten. Tabellen und Abbildungen wird gebeten, auf das Notwendigste zu beschränken. Jeder Abhandlung ist am Schluß eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse in deutscher und, wenn möglich, englischer Sprache anzufügen. Die Titel zitierter Zeitschriften sind nach den internationalen Regeln zu kürzen. Für Manuskripte, die einen Umfang von 50 Seiten übersteigen, bittet der Herausgeber, vor Absendung mit ihm Fühlung aufzunehmen.
Es wird gebeten, die Manuskripte möglichst mit Schreibmaschine und nur einseitig zu schreiben und Sperrungen möglichst zu vermeiden. Photographische Abbildungsvorlagen müssen so beschaffen sein, daß sie eine kontrastreiche Wiedergabe ermöglichen. Alle dem Manuskript beiliegenden Unterlagen wie Photographien, Zeichnungen, Tabellen sollen auf der Rückseite mit dem Namen des Verfassers und dem Titel des Beitrages versehen sein. Bei Abbildungen, die bereits erfolgten Veröffentlichungen entnommen werden sollen, ist eine genaue Quellenangabe erforderlich.
Mit der Übergabe des Manuskriptes überträgt der Verfasser dem Verlag Paul Parey das Recht, die Herstellung von photomechanischen Vervielfältigungen in gewerblichen Unternehmen zum innerbetrieblichen Gebrauch nach Maßgabe des zwischen dem Börsenverein des Deutschen Buchhandels und dem Bundesverband der Deutschen Industrie abgeschlossenen Rahmenabkommens vom 14. 6. 1958 zu genehmigen.

Honorierung: Das Mitarbeiterhonorar beträgt DM 40,– je Druckbogen von 16 Seiten. Mehr als drei Druckbogen je Beitrag werden nicht honoriert. Der von Abbildungen und Tabellen eingenommene Raum sowie Doktor-Dissertationen sind honorarfrei.

Sonderdrucke: Die Verfasser von Originalarbeiten erhalten von ihrem Beitrag nach Druckbeendigung auf Wunsch unberechnet 30 Sonderdrucke, die Verfasser von Doktor-Arbeiten 50 Sonderdrucke. Mehrbedarf kann gegen Berechnung angefertigt werden, jedoch nur, wenn die Bestellung unmittelbar mit der Rücksendung der Fahnenkorrektur, spätestens der 1. Umbruchkorrektur, bei der Schriftleitung aufgegeben worden ist.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der photomechanischen Wiedergabe, sind vorbehalten. Gewerblichen Unternehmen wird jedoch die Anfertigung einer photomechanischen Vervielfältigung von Beiträgen oder Beitragsteilen für den innerbetrieblichen Gebrauch durch Photokopie, Mikrokopie und dergleichen nach Maßgabe des zwischen dem Börsenverein des Deutschen Buchhandels und dem Bundesverband der Deutschen Industrie abgeschlossenen Rahmenabkommens vom 14. 6. 1958 gegen Bezahlung der dort vorgesehenen Gebühr bis zu drei Exemplaren gestattet. Die Vervielfältigungen haben einen Vermerk über die Quelle und den Vervielfältiger zu tragen, und die in dem Rahmenabkommen vorgesehene Gebühr ist an die Inkassostelle für Photokopiergebühren beim Börsenverein des Deutschen Buchhandels e. V., Frankfurt/Main, Gr. Hirschgraben 17/19, zu entrichten. Erfolgt die Entrichtung der Gebühren durch Wertmarken der Inkassostelle, so ist für jedes Photokopierblatt eine Marke im Betrag von DM 0,30 zu verwenden.

Erscheinungsweise und Bezugspreis: Die Zeitschrift erscheint in zwangloser Folge im Umfang von ungefähr 7 Druckbogen je Heft. Jährlich erscheinen etwa 6 bis 8 Hefte, von denen 4 jeweils einen Band bilden. Das Abonnement verpflichtet zur Abnahme eines ganzen Bandes und verlängert sich jeweils stillschweigend, wenn nicht unmittelbar nach Erhalt des letzten Heftes eines Bandes Abbestellung erfolgt. Die Hefte werden einzeln berechnet. Der Preis beträgt je Druckbogen etwa DM 4,–. Der Preis der Hefte außerhalb des Abonnements ist jeweils um 10 % teurer.
Die Zeitschrift kann bei jeder Buchhandlung oder beim Verlag Paul Parey, Hamburg 1, Spitalerstr. 12, bestellt werden.

© Paul Parey, Hamburg und Berlin 1961 · Printed in Germany by Westholsteinische Verlagsdruckerei Boyens & Co., Heide/Holstein

Z. ang. Ent. Bd. 48 (1961) H. 4 S. 345–456

Abonnementspreis dieses Heftes DM 29,10 Einzelpreis DM 32,–

Aus dem Zoologischen Institut und der Zoologischen Sammlung der Landwirtschaftlichen Fakultät der Universität Bonn

Die Tierbesiedlung des Kompostes bei Zusatz verschiedener anorganischer Düngemittel im Flachkompostverfahren nach P. Augustin Hessing[1]

Von E. Mrohs

Mit 24 Abbildungen

A. Einleitung

Die Wirkung der Bodentiere für die Bodenbildung wird immer deutlicher erkannt (Meyer 1943, Laatsch 1944, Kubiena 1948, Franz 1950, 1955, Wittich 1952, 1953).

Franz (1955) gibt als wesentliche Wirkung der Arbeit der Kleintiere folgende Punkte an:

1. mechanische Zerkleinerung
2. chemische Aufschließung
3. Synthese der Abbauprodukte zu hochmolekularen Verbindungen
4. Vermischung der organischen und anorganischen Stoffe in und außerhalb des Darmes.

Es erfolgt so eine Anhäufung schwer verdaulicher Bestandteile und darüber hinaus eine Umwandlung ursprünglich acetylbromidlöslicher in acetylbromidunlösliche Substanzen (Franz 1955).

Nachdem die Bedeutung der Kleintiere für die Fruchtbarkeit der Böden und ihre Ansprüche und Lebensgewohnheiten besser bekannt sind, gelangt man schließlich zu dem Versuch, den Stalldünger mit Hilfe der Kleintiere besser zu verwerten.

Der Stalldünger stellt nicht nur eine wesentliche Energiequelle für die Bodentiere dar, er bietet auch nach Umwandlung durch die Kleintiere eine Möglichkeit zur Humusanreicherung. Die Bodenfauna wird durch Stallmistdüngung in der Artenzusammensetzung quantitativ und qualitativ verändert. Arten, die auf den Abbau der organischen Massen des Stalldüngers spezialisiert sind, erreichen eine besondere Vermehrungsquote (Franz 1953, Herbke 1956, Höller 1956, Land 1956). Nicht immer aber bietet der Boden für diesen Vorgang optimale Bedingungen. Bei tiefem Einbringen des Stallmistes wird Sauerstoffmangel spürbar. Feuchte und Wärme sind selten für die Kleintiere in günstigem Verhältnis vorhanden. Laatsch (1944) hält es für sehr zweifelhaft, daß der Humusaufbau auf unseren Äckern so gesteuert werden kann, daß an Stelle der gewöhnlichen Huminsäuren vom

[1] Mit Unterstützung des Herrn Ministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen, sowie der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Bad Godesberg

Typus des braunen Waldbodens echte Schwarzerde-Huminsäuren entstehen. Eher mag ein Verfahren gefunden werden, das den Stallmist *vor* dem Einbringen in den Acker zu Huminsäuren vom Typus der Schwarzerde umformt. Das Mischen des Stalldüngers mit sorptionsstarken, kalziumgesättigten Silikaten und nachträgliche Umformung durch einen zielbewußten Kompostierungsprozeß könnte vielleicht zur Erzeugung von Schwarzerdehumus führen (Laatsch 1944). *Die Verlegung der ersten Phase der Umsetzung des Stallmistes auf die Kompostierungsfläche ermöglicht es, viele Zufälligkeiten auszuschalten und den Mistzersetzern für die Humifizierung der organischen Substanz optimale Bedingungen zu verschaffen.*

Nachfolgende Arbeit hat als Ziel, die Bedeutung der verschiedenen Tiergruppen in unterschiedlichen Kompostierungsverfahren klarzustellen. Als Grundlage der Untersuchungen diente die von P. Augustin Hessing, Abtei Gerleve bei Coesfeld (Westf.), ausgearbeitete *Flachmistkompostierung*. Diese wurde mit Mietenkomposten und dem allgemeinen Stapelmistverfahren verglichen.

Die Flachmistkomposte wurden mit Zusätzen verschiedener Handelsdünger versehen. So stellen den Gegenstand der Untersuchungen die Tiergruppen im Kompost bei Zusatz verschiedener Handelsdünger dar.

Die Beobachtungen auf den Feldern von Dikopshof hatten ergeben, daß Kali- und Phosphatdüngung eine starke Steigerung des Bodenbesatzes an Kleintieren ergaben (Land 1956, Höller 1956, Herbke 1956). Im frischen Stallmist ist der Gehalt an den genannten beiden Mineralstoffen relativ gering. Es wurde daher versucht, durch Phosphat- und Kalizusatz eine Steigerung des Besatzes des Mistes an Tieren zu erzielen. Außerdem würde sich so der Vorteil ergeben, daß die Mineralstoffe in geeigneter Bindung an Tiere, Bakterien und an Humuskomplexe in *einem* Arbeitsgang dem Acker zugeführt werden könnten.

Nach den Angaben von Herbke (1956), Höller (1956) und Land (1956) führte anorganische Stickstoffdüngung im allgemeinen zu einer Verminderung des Bodentierlebens. So wurden die Flachmistkomposte auch mit Zusätzen von Stickstoff in anorganischer Form versehen. Damit sollte der Versuch unternommen werden, den anorganischen Stickstoff durch die Kompostbewohner auf der Grundlage der reichen organischen Nahrung eventuell in organische Bindung überzuführen.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, an dieser Stelle derjenigen zu gedenken, die mir während meiner Arbeit Unterstützung und Interesse gewährt haben. Dem H. H. Abt Dr. P. Buddenborg und allen Mönchen der Abtei S. Joseph gilt mein Dank für die gastliche Aufnahme und manche wertvolle Hilfe. Besonders verpflichtet bin ich P. Augustin Hessing, der es mir erlaubte, in Gerleve die Untersuchungen durchzuführen. Herr Pieper ermöglichte mir dankenswerterweise die Untersuchung der Tierbesiedlung von Stapelmist. Herr Dr. Gisin, Genf, hatte die Güte, mich bei der Bestimmungsarbeit durch wertvolle Hinweise und Anfertigung von Musterpräparaten zu unterstützen. Ein Teil der Präparate wurde von ihm selbst bestimmt oder auf die Richtigkeit der Bestimmung überprüft. Herrn Prof. Dr. Klapp danke ich für die Interessenahme an der Arbeit. Herrn Prof. Dr. H. Wurmbach schulde ich besonderen Dank für die Anregung zu dieser Arbeit, manchen wertvollen Hinweis und seine stete Hilfsbereitschaft.

B. Material und Methode

a. Die Technik der Stallmistkompostierung nach P. Augustin Hessing

Die Stallmistkompostierung nach P. Augustin Hessing hat natürliche Regeln für die Zersetzung des Bestandsabfalls zur Grundlage. Ein Stillstand in der Zersetzung der organischen Massen wird vermieden, indem der frisch anfallende Stallmist jeweils kompostiert, d. h. einem Heer von spezifischen Kleintieren unter *aeroben* Verhältnissen zur Umsetzung überlassen wird. Die Kleintiere dringen von unten in das frische Material ein. Diese Art der Besiedlung über das alte darunter lagernde Material entbindet die Kompostfauna der langen Anmarschwege und sonstiger Zufälligkeiten, die die Besiedlung erschweren würden. Das erneute Aufbringen frischen Mistes bringt in den tieferen Lagen die Abbauprozesse langsam zum Abklingen. Der Komposthaufen wächst schichtweise, dabei ist bewußt nur die oberste Zone der Ort des Abbaues und der Umsetzungen. Die flache Lagerung bewirkt außer dem Luftzutritt, daß eine Erhitzung des Kompostes über 35° C vermieden wird.

Einmalig zu Beginn der Kompostierung nach diesem Verfahren ist eine Anzucht von Regenwürmern *(Eisenia foetida)* zu betreiben. Auf diesbezügliche Einzelheiten sei hier nicht näher eingegangen. Für die Zukunft gilt der gesamte Komposthaufen als „Zuchtkasten". Dies sei die Voraussetzung für die weitere Beschreibung. Bei einer Neuanlage nach Abfahren des Kompostes wird lediglich aus der obersten Lage die erforderliche Menge von Regenwürmern zurückbehalten.

Der Stallmist gelangt automatisch mit Hilfe eines Entmisters der Firma Lithal auf einen Seitenstreuwagen.

Vor dem Abtransport zum Komposthaufen erfolgt eine Zuladung von Erde in Höhe von $^1/_7$ der Mistmenge, über die noch ein bestimmtes Kräuterpräparat geschüttet wird. Darauf wird die Ladung zur Kompostanlage gefahren und hier mit Hilfe eines Zapfwellenantriebes breitflächig über den alten Komposthaufen gestreut. Das lockere Aufbringen des Stallmistes und das Mischen mit Erde hat neben der guten Durchlüftung zur Förderung aerober Verhältnisse den Vorteil, das Porenvolumen, d. h. den eigentlichen Lebensraum der Kleintiere wirksam zu erhöhen.

Die Höhe der frischen Lage soll 15–25 cm betragen. Der Komposthaufen befindet sich immer auf gewachsenem Boden. Die verwendete Erde besteht aus dem in Gerleve vorkommenden sandigen Lehm.

Je nach der Jahreszeit wird nach 10–21 Tagen eine neu Schicht aufgebracht. Für dieses Verfahren bedarf es einer relativ großen Kompostierungsfläche, die fortlaufend stückweise beschickt wird.

Alle Komposte wurden nach dem Verfahren von P. Augustin Hessing gleichmäßig mit einer aus Trockenkräutern und Honig hergestellten Bakterienkultur geimpft.

1. Anlage der Versuchskomposte

Ein Teil der Flachmistkompostanlage wurde abgetrennt und in acht Parzellen in der Größe von 3,75 × 2,75 m eingeteilt. Soweit eine rein visuelle Beurteilung möglich war, war der Besatz mit Regenwürmern auf allen Flächen gleichmäßig.

In die Versuchsanordnung wurden folgende Handelsdünger einbezogen:

a. *Drei Stickstoffdünger*
   1. Kalkammonsalpeter (20,28 % N)
   2. Schwefelsaures Ammoniak (21,15 % N)
   3. Kalkstickstoff (20,60 % N)

b. *Zwei Volldünger*
   4. Ruhrvolldünger V (N : P : K = 10 : 8 : 18)
   5. Kalkstickstoff, Thomasmehl und Kali

c. *Thomasmehl* (13,58 % P_2O_5)

d. *Kalisalz* (41 % K_2O)

Für die Berechnung der einzelnen Handelsdüngergaben als Zusätze zu dem Frischmist wurde angenommen, daß ein Acker mit 250 dz/ha Mistkompost abgedüngt werden soll. Mit dieser Düngung sollten gleichzeitig je ha 40 kg Rein-N in Form von Handelsdünger aufgebracht werden. Die übrigen Nährstoffe, also Phosphorsäure und Kali, verhalten sich wie N : P : K = 10 : 8 : 18.

Der Rotteverlust wurde mit 30% angesetzt und daraus errechnet eine Frischmistmenge von 357 dz/ha. Der Substanz von Erde = 1/7 blieb in der Berechnung ohne Berücksichtigung, da die organische Substanz als Ausgangspunkt für die Düngung gelten sollte. Zudem sind über die Höhe der Rotteverluste noch keine genauen Angaben möglich. Vielleicht sind sie auch noch etwas höher zu veranschlagen. Auf jeden Fall steigen sie mit zunehmendem Alter des Mistkompostes recht beträchtlich.

Aus dieser Frischmistmenge wurden unter Berücksichtigung der prozentualen Gehalte der einzelnen Handelsdünger die Zusätze in Gramm je Doppelzentner Frischmist errechnet. Eine Parzelle nahm 3 dz Frischmist auf. Diese Menge wurde erstmalig ausgewogen und für die Zukunft als Raummaß am Mistkarren festgehalten.

In Angleichung an das bisherige Kompostierungsverfahren wurde der frische Rindermist von Hand locker auf die Parzellen aufgebracht, mit dem Kräuterpräparat versehen und mit der Zusatzerde überstreut. Dann wurde die entsprechende Menge Handelsdünger hinzugefügt und diese Schicht, bestehend aus Erde und Handelsdünger, mit einer Mistgabel oberflächlich in den Frischmist eingearbeitet. Anschließend erfolgte in jedem Falle eine Abdeckung mit Streustroh.

Die erstmalig im Oktober 1953 in der beschriebenen Weise angelegten Komposte wurden über alle Jahreszeiten in verschiedenen Altersstufen auf ihren Besatz an Kleintieren untersucht. Insgesamt erfolgten acht Probenahmen. Mit Rücksicht auf den letzten Probetermin konnte eine Neubeschickung mit frischem Material immer erst nach 6 bis 7 Wochen erfolgen.

2. Chemische Analyse

Die chemischen Eigenschaften der mit Zusätzen von Handelsdünger versehenen Flachmistkomposte wurden zweimal festgestellt. Die Ermöglichung und Durchführung der Analysen verdanke ich Herrn Dr. habil Balks und Herrn Dr. Bösenberg vom Joseph-König-Institut der Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe in Münster.

Leider wurden auf Grund eines Versehens bei der ersten Untersuchung am 18. Dez. 1953 die Werte der lufttrockenen Substanz ermittelt. In der Wiederholung vom 19. Nov. 1954 sind die Verhältnisse in der ursprünglichen Substanz wiedergegeben. Um auch einen Vergleich mit den üblichen Stallmistanalysen zu ermöglichen, sind die Werte für Gesamt-Phosphorsäure und Gesamt-Kali ermittelt. Analysen von Mietenkomposten und Stapelmist sind nicht erfolgt.

3. Herstellung des Kräuterpräparates

Wie schon erwähnt, erhielten alle Mistkomposte den Zusatz eines Kräuterpräparates. Die Herstellung geschieht wie folgt: Je ein Teelöffel von Brennessel, Schafgarbe, Löwenzahn, Kamille, Baldrian und Eichenrinde wird in getrocknetem und feingemahlenem Zustand in 1/2 Liter Regenwasser aufgeschwemmt und dazu noch mit einem Tropfen Bienenhonig versehen. Diese Mischung wird 24 Stunden vergoren und ist dann gebrauchsfertig. Sie wird in der angegebenen Menge als Zusatz für 1 Kubikmeter Frischmist zur Kompostierung gegeben.

Es würde den Rahmen dieser Arbeit überschreiten, noch die Wirksamkeit dieses Präparates zu untersuchen.

b. Anlage der Mietenkomposte

Zur Bereitung von Mietenkomposten wird ein gewöhnlicher Miststreuer (hier ein ÖKONOM RINKA) verwandt. Dabei wird der Wagen, wie schon erwähnt, beladen und im Stand abgedreht. Auf diese Weise entstehen Mieten in einer Höhe von etwa 1,20 m und 2,00 m Breite. Im Anschluß daran erfolgt eine oberflächliche Impfung mit Regenwurm-Mistkompost aus der Flachmistkompostanlage, danach eine Abdeckung mit Torf oder Streustroh als Verdunstungs- und Kälteschutz. Der Erdzusatz zu den Mietenkomposten betrug wie in den Flachmistkomposten 1/7 der verwendeten Mistmenge, also weniger, als Sauerland für sein Verfahren vorschreibt.

Bei einer Miete wurde auch ein Zusatz von 3 kg Thomasmehl je Kubikmeter Frischmist vorgenommen.

c. Stapelmist

Der für die Untersuchung gewählte Stapelmist stand mir auf dem Hofe des Herrn H. Pieper zur Verfügung. Dort wird der Stallmist in vorbildlicher Weise im Sinne der Stapelmistbereitung gepflegt. Die täglich in Rind- und Schweineställen anfallenden Mengen werden regelmäßig aufgestapelt und festgetreten. Die Höhe der fertigen Stapel beträgt etwa 3,50–4,00 m. Älterer Stapelmist als in den Abbildungen vermerkt stand mir leider nicht zur Verfügung.

d. Erfassung der Kompostfauna

Die Stallmistkomposte stellen einen sehr extremen Standort dar, so daß hinsichtlich der Anpassung für die Kleintiere besondere Bedingungen gegeben sind. Zudem ist der Ablauf der Umsetzungsprozesse besonders stürmisch. Das bedingt, daß die Bewohner eine rasche Aufeinanderfolge der Generationen zeigen. So finden sich meistens nur wenig Arten in reicher Zahl und diese wiederum in allen Altersstufen.

Bei den Oligochaeten sind besonders zwei Familien als echte Bodenbewohner und Humusproduzenten von Bedeutung: Die Lumbriciden und die Enchytraeiden. Beide sind auf ihr Vorhandensein in den genannten Biotopen untersucht worden. Von den Arthropoden sind aus der Klasse der Arachnoidea die Milben und aus der der Hexapoden die Collembolen in die Untersuchungen einbezogen worden. Beide Gruppen sind für den Umsetzungsvorgang in den Komposten von großer Bedeutung und darin auch zahlreich vertreten. Die Milben sind nur zahlenmäßig ermittelt, bei den Collembolen erfolgte eine quantitative Auszählung der vertretenen Arten. Die Untersuchungen sind ausschließlich an Rindermist vorgenommen worden.

1. Entnahme der Kompostproben

Die Probenahme von Stallmistkompost bereitet besonders im frischen Zustande erhebliche Schwierigkeiten. Erst mit Hilfe eines scharfen und zu einer Säge ausgefeilten Dolches konnte jedes Material, auch frisches, strohiges, mühelos und sauber geschnitten werden. Zuerst wurde immer das Deckmaterial zur Seite geräumt, dann erfolgte ein senkrechter Schnitt. Nun konnte mit einer Mistgabel das Profil freigelegt werden. Drei weitere senkrecht zueinander stehende Schnitte ließen eine Kompostsäule von 5 × 5 oder 15 × 15 cm und 25 cm Höhe entstehen. Ein Blech entsprechender Grundfläche ermöglichte dann schichtweise Entnahme gleichgroßer Proben.

Bei den Flachmistkomposten erfolgte die Probenahme jeweils in der Schicht von 0–5 und 5–10 cm. Die Auswertung wurde nach Zusammenfassung der Ergebnisse der beiden Lagen vorgenommen.

Die Befunde der acht Probenahmen sind für die einzelnen Tiergruppen in den Abbildungen 3–7 aufgezeichnet. Die Abbildungen 4–7 geben die Verhältnisse bei den Probenahmen 6, 7 und 8 wieder.

Zeitpunkt der Probenahmen und Alter des untersuchten Flachmistkompostes sind wie folgt:

1. Probenahme	1. 12. 1953	Alter 6 Wochen
2. Probenahme	19. 1. 1954	Alter 5 Wochen
3. Probenahme	25. 3. 1954	Alter 6 Wochen
4. Probenahme	1. 5. 1954	Alter 3 Wochen
5. Probenahme	12. 5. 1954	Alter 5 Wochen
6. Probenahme	31. 7. 1954	Alter 1 Woche
7. Probenahme	14. 8. 1954	Alter 3 Wochen
8. Probenahme	28. 8. 1954	Alter 5 Wochen

Die Flachkomposte werden von mir als „reif bezeichnet, wenn die Struktur des Ausgangsmaterials, Strohhalme und Mistklumpen, verschwunden und statt dessen ein krümeliges schwarzes Material ohne oder mit nur geringen Strohresten entstanden ist. In diesem Stadium hat sich auch der Geruch völlig geändert und ist „erdig" geworden. In dem „reifen" Kompost, der größtenteils aus Kotkrümeln von Regenwürmern, Collembolen und Milben besteht, finden sich auch nur noch wenige Kümmerformen von *Eisenia foetida.*

Nach dem Eintritt der „Reife" werden die Komposte entweder von der Kompostierungsfläche abgefahren und der weiteren Verwendung zugeführt oder mit Frischmist abgedeckt. Eine weitere Mineralisierung an Ort und Stelle wird für unerwünscht gehalten.

Dieser subjektiv leicht erkennbare Zustand der „Reife" tritt bei den Flachkomposten nach 3–10 Wochen, bei den Mietenkomposten nach 6–12 Monaten ein. Bei den letzteren wurden daher die Proben zwischen 2–14 Monaten nach dem Ansetzen entnommen.

Insgesamt sind sieben altersmäßig verschiedene Mietenkomposte schichtweise bis zu einer Tiefe von 35 cm untersucht worden. Bei Stapelmist erfolgten fünf Probenahmen.

2. Siebmethode

Ein Gestell mit drei Sieben in der Größe von 40 × 40 cm diente als wesentliches Hilfsmittel zum Auszählen der Regenwürmer und Enchytraeiden. Die Siebe waren der Maschengröße nach übereinander angeordnet. Die Größe der Maschen von oben nach unter betrug 9, 3 und 0,75 mm. Die zum Auszählen bestimmte Kompostprobe (Größe: 15 × 15 × 5 cm) wurde in das oberste Sieb eingelegt und die vorhandene Anzahl von Regenwürmern und Enchytraeiden ausgelesen. Darauf konnte mit einem Wasserstrahl die Feinerde zerteilt werden, um die restlichen Exemplare auf den unteren Sieben noch zu erfassen. Zur Ermittlung des Durchschnittswertes dienten jeweils zwei Proben.

Mit den gleichen Sieben wurden die Flachmistkomposte durchgesiebt, um ein ungefähres Bild darüber zu bekommen, welche Unterschiede in dem Grade der mechanischen Zerkleinerung durch die Kleintiere festzustellen seien. Von jedem Kompost wurden hierzu drei Proben (15 × 15 × 5 cm) durchgesiebt.

3. Berlesemethode

Zum Erfassen der Milben und Collembolen diente ein Berlese-Automatenschrank mit 14 Trichtern. Allerdings wurde die ursprüngliche Bauart nicht beibehalten. Die Glastrichter haben einen Durchmesser von etwa 20 cm und sind zur Vermeidung von Kondenswasserbildung mit Holzwolle und einem Papptrichter isoliert. 10–15 cm über den Trichtern befindet sich die Lichtquelle (15 Watt), wiederum von einem Trichter aus Karton umgeben.

Die Kompostproben enthalten einen weit höheren Feuchtigkeitsgrad als Bodenproben, so daß die von Franz (1953) für günstig befundene Entfernung zwischen Probe und Lichtquelle (60 cm) nicht ausreichen würde, um die Kleintiere in absehbarer Zeit zum Verlassen der Proben zu bewegen. Aus diesem Grunde wurde auch entsprechend dem Verfahren von Höller (1956) und Land (1956) eine Probengröße von 125 ccm gewählt. Dabei ist noch zu bedenken, daß Mistkompost ein derart belebtes Substrat darstellt, daß bei den von Franz (1950) vorgeschlagenen Probengrößen von 1125 ccm die Anzahl der Kleintiere gar nicht zu verarbeiten wäre. Um jedoch eine Vergleichsmöglichkeit zu erhalten, beziehen sich die Angaben in dieser Arbeit auf 1125 ccm. Zur Ermittlung des Durchschnitts sind drei Proben gewählt worden.

Milben und Collembolen sind als Bodenbewohner licht- und trockenheitsempfindlich. Werden die Proben mit Hilfe eines Rundsiebes (14 cm) in den Glastrichter eingelegt und von oben beleuchtet, so verlassen die Kleintiere ihren Lebensraum und gelangen durch den Trichterhals in das darunter stehende Tötungsglas. Vor und nach dem Austrocknen im Berlese-Automaten wurden die Proben gewogen, um einen Anhaltspunkt über den Grad der Durchfeuchtung zu erhalten. Da keine eindeutigen Ergebnisse zu entnehmen sind, ist eine Auswertung nicht erfolgt.

Nach 48 Stunden hatten auch die letzten Kleintiere die Proben verlassen. Als Tötungsflüssigkeit wurde Wasser mit einem Zusatz von denat. Alkohol benutzt. Mit dieser Flüssigkeit wurden die Kleintiere bald oder spätestens erstmalig nach 24 Stunden in eine Petrischale gespült, unter einem Binokular ausgelesen und ausgezählt, indem sie mit einer Präpariernadel bis zur definitiven Bestimmung in ein Fixiergemisch gelegt wurden.

Die Fixierflüssigkeit (nach Gisin) hat folgende Zusammensetzung:

95 % Alkohol:	75 ccm
Schwefeläther:	22 ccm
Eisessig:	4 ccm
40 % Formol:	10 Tropfen

Hierin wurden die Tiere möglichst bald zum Absinken gebracht. Zur Bestimmung der Collembolen wurde eine genügende Anzahl wiederum unter dem Binokular ausgelesen, auf einen Objektträger in einen Tropfen Milchsäure übertragen, der mit Eukitt umgeben war,

und mit dem Deckglas verschlossen. Danach wurden die Präparate beschriftet und sanft erwärmt. Nach dem Bestimmen einer entsprechenden Anzahl unter dem Mikroskop wurden die übrigen Exemplare unter dem Binokular auf ihre Artenzusammengehörigkeit ausgezählt. Dies geschah in einer Petrischale, der zur Orientierung ein Gitterquadrat untergelegt war. In Zweifelsfällen mußten neue Präparate gemacht werden. Das Bestimmen der Collembolen erfolgte nach GISIN (1944 und 1952) sowie nach HANDSCHIN (in: DAHL 1929).

C. Ergebnisse

I. Das Verhalten der Kleintiere bei den verschiedenen Kompostierungsverfahren

Im Flachmistkompost

1. Eisenia foetida

Von den edaphischen Organismen ist die Tätigkeit der Regenwürmer in ihrer bodenbiologischen Bedeutung schon länger erkannt und gewürdigt. Die Kompostierung von Stallmist mit ihrer Hilfe stellt nur eine Nutzanwendung dieser Erkenntnisse dar. Als die von ihnen am stärksten beeinflußte Zone gelten die obersten 10 cm (KÜHNELT 1950). Diese Erfahrung findet ihren Niederschlag in der Flachmistkompostierung. Die Regenwürmer nehmen in großen Mengen organische und mineralische Substanzen als Nahrung auf und schaffen durch die mechanische und chemische Zerkleinerung die Voraussetzungen für die chemische Umwandlung der Stoffe zu organo-mineralischen Tonhumuskomplexen (FRANZ 1949, KÜHNELT 1950, BEINERT-SAUERLANDT 1951). MEYER (1943) gibt an, daß die Hälfte der organischen Substanz, die den Regenwurmdarm passiert hat, aus echten Humusstoffen besteht.

Zur Frage der Beständigkeit der Regenwurmlosung lieferte BEUTELSPACHER (1955) einen Beitrag. Er fand mit Hilfe des Elektronenmikroskops an Regenwurmausscheidungen neben zahlreichen Sphärokolloiden Linearkolloide, die die Tonteilchen verbinden. Diese fadenförmigen Kolloide sollen als Kittsubstanzen dienen und die Stabilität des Regenwurmkots zur Folge haben.

Der pH der Losung ist gegenüber der aufgenommenen Nahrung zum Neutralpunkt verschoben (FINK 1952, KÜHNELT 1950). Als Puffersystem besitzt der Regenwurm spezifische Kalkdrüsen, die entsprechend dem pH der Umgebung Kalk speichern oder abgeben (DOTTERWEICH 1940). Die Kalkdrüsen sorgen für die Überführung der neu gebildeten Huminsäuren in unlösliches Kalziumhumat (LAATSCH 1944).

Auch werden im Körper des Regenwurmes stickstoffhaltige Verbindungen (z. B. Purinkörper) gespeichert, die nach seinem Absterben frei werden und den Pflanzen zur Verfügung stehen (KÜHNELT 1950).

An Regenwürmern fand ich ausschließlich *Eisenia foetida* im Kompost. Andere Arten, wie *Lumbricus terrestris* und *Lumbricus rubellus*, sind nur bei lang anhaltendem Regen vereinzelt aufgetreten. Sie dürften somit als Gäste und daher als habitatfremd zu bezeichnen sein.

Eisenia foetida zeigt besondere Vorliebe für frische organische Substanz und ist bei guter Vermehrungsquote auch in der Lage, größte Massen bei entsprechender aerober Lagerung zu verarbeiten. Zur Zeit der höchsten Besiedlungsdichte enthält der normale Flachmistkompost in den obersten 10 cm in einem Liter durchschnittlich 200–500 Exemplare.

Eine Wägung von 330 Regenwürmern aus einem Liter Kompost ergab 68 Gramm. Die Umrechnung auf 1 cbm ergibt 330 000 Regenwürmer mit einem Gewicht von 68 kg. Wenn das Gewicht für 1 cbm Flachkompost mit 10 dz angenommen wird, so haben in diesem Falle 6,8 % des Substrates aus Regenwürmern bestanden.

Von den vier beobachteten Kleintiergruppen besiedelten die Milben den frischen Mist zuerst. Fast gleichzeitig, jedoch nicht so stürmisch, folgen die Collembolen, danach *Eisenia foetida* und als letzte die Enchytraeiden. Unterschiede in der Besiedlungsgeschwindigkeit sind durch die Jahreszeiten ge-

geben. Im Sommer dringt *Eisenia foetida* bereits nach zwei Tagen in das neu aufgebrachte Material ein (Abb. 1).

Parallel mit der Besiedlung laufen typische Veränderungen des Stallmistes. Schlagartig ändert sich der Mistgeruch bei Eindringen von *Eisenia foetida* zu erst frischem, dann modrigem Walderde-Geruch. Die typische Farbe wechselt zu mittelbraun über dunkelbraun bis zu intensiver umbrabrauner, beinahe schwarzbläulich schimmernder Tönung. In diesem Zustand besteht auch keine Ähnlichkeit mehr mit dem ursprünglichen Ausgangsprodukt. Lediglich kurze, schon völlig mürbe und verfärbte Strohreste weisen noch darauf hin. Sonst ist der Kompost von unzähligen Wurmgängen durchzogen und infolge der in großer Menge vorhandenen Regenwurmlosung sehr locker (Abb. 2).

Abb. 1. Flachmistkompost nach 1–2 Wochen mit zahlreichen Exemplaren von *Eisenia foetida*

Der geschilderte Kompostierungsvorgang spielt sich je nach der Temperatur in einer Zeit von 3–10 Wochen ab.

Kompakte Kuhfladen werden in der Kompostanlage sukzessive von allen Seiten von *Eisenia foetida* angegangen. Im Endeffekt sind sie völlig und in Massen von Regenwürmern besiedelt. Die Kuhfladen zeigen bis dahin nicht die geringste farbliche Veränderung, nur der typische Geruch schwindet. Erst nach der Durchlüftung durch die Regenwurmgänge folgt die farbliche Verschiebung zu braun. Der Prozeß spielt sich in derartig kurzer Zeit ab, daß die Annahme, es könnten sich zuvor in dem Substrat aerobe Verhältnisse bilden, nicht gut möglich ist.

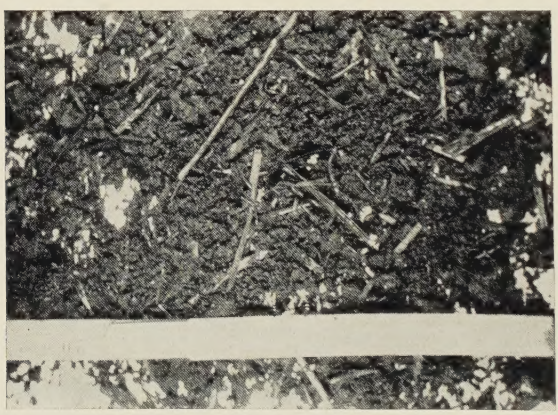

Abb. 2. Flachmistkompost nach 3–12 Wochen, feinkrümelig, mit geringen Strohresten und nur noch wenigen kleinen Exemplaren von *Eisenia foetida*

Auf die verschiedenen Zusätze anorganischer Düngemittel reagiert *Eisenia foetida* sehr deutlich. Die beiliegenden Untersuchungsbefunde weisen auf eine besondere Vorliebe für den Zusatz von Thomasmehl hin (Abb. 3 und 4). In dieser Parzelle ließ sich jedesmal nicht

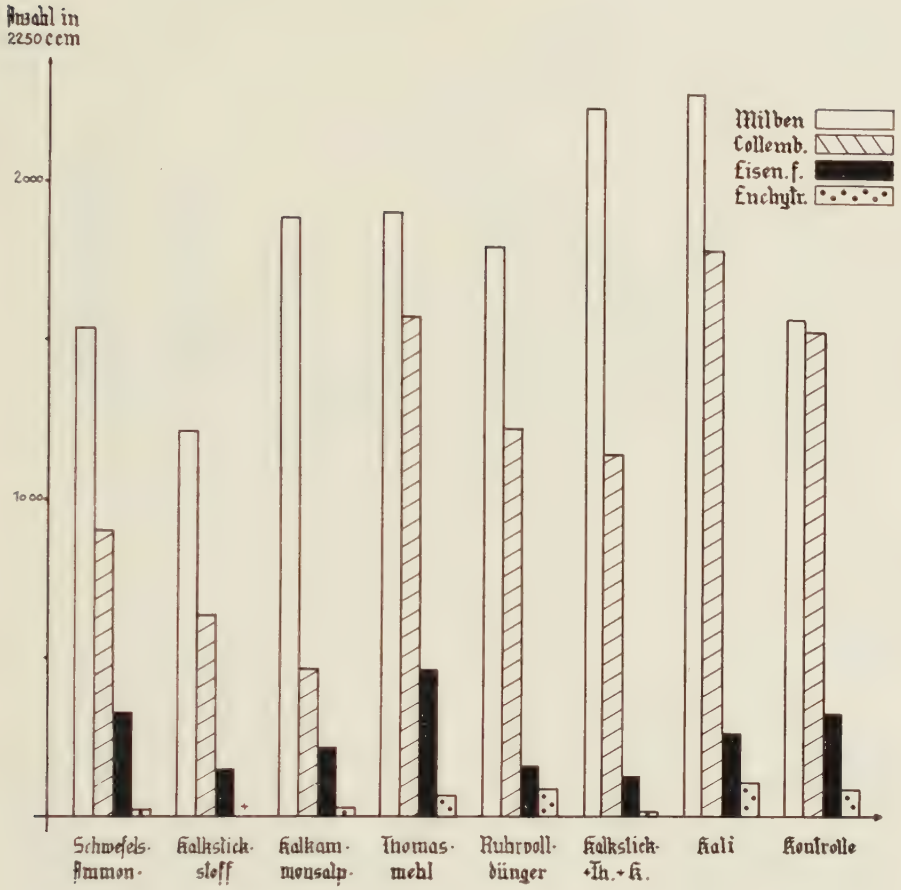

Abb. 3. Der Besatz mit Kleintieren in Flachkomposten mit Zusätzen verschiedener Handelsdünger nach dem Durchschnitt aller Proben

nur zahlenmäßig die höchste Besiedlungsdichte feststellen, sondern die Besiedlung erfolgte auch besonders stürmisch. Die oben beschriebene Umwandlung erfolgte in der kürzesten Zeit. Ebenso kann eine erhöhte Kokonablage bemerkt werden. Hat der Besatz rückläufige Tendenz, wie z. B. bei 5 Wochen altem Kompost in Abb. 4, so weist dieser Umstand darauf hin, daß hier der Umsetzungsprozeß durch *Eisenia foetida* schon beendet ist. Nach diesem Zeitpunkt verlassen die adulten Tiere ihren bisherigen Lebensraum, um anderweitig auf Nahrungssuche zu gehen. Das Substrat besteht dann zum größten Teil aus Regenwurmlosung (Abb. 2). Die Nahrungsreserve ist erschöpft, und es bleiben in der Hauptsache nur noch Jungtiere und Kümmerformen zurück.

Mit etwas Abstand nach der Thomasmehlparzelle folgt in der Besatzdichte die Kontroll-Parzelle. Auf dem dritten Platz rangieren die Komposte mit schwefelsaurem Ammoniak und Kalisalz; schwefelsaures Ammoniak jedoch mit leichtem Vorsprung. Letzteres scheint für *Eisenia foetida* relativ gut verträglich zu sein. Komposte mit Kalkstickstoff, Ruhrvolldünger und Kalk-

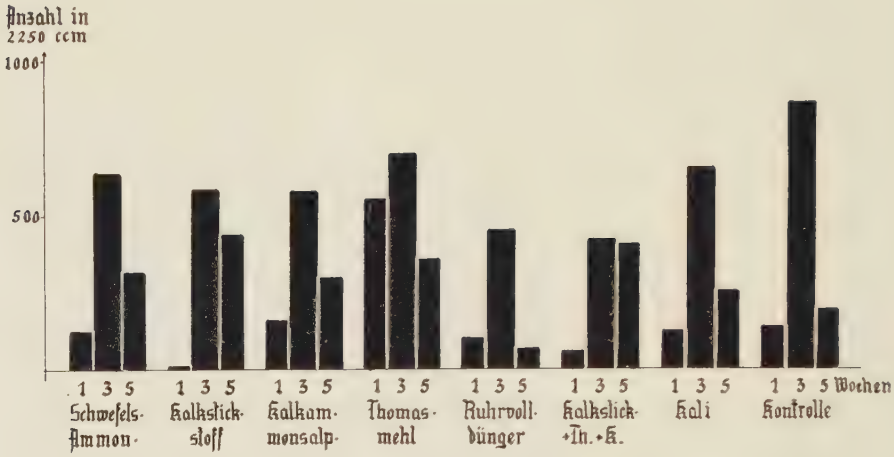

Abb. 4. Besiedlungsdichte mit *Eisenia foetida* bei Zugabe von Handelsdüngern nach 1, 3 und 5 Wochen

stickstoff-Gemischen werden nur sehr zögernd und langsam in Angriff genommen. Hier bleibt auch der Besatz nur sehr gering (Abb. 3 und 4).

2. *Enchytraeiden*

Die Enchytraeiden werden als wichtige Humusproduzenten bezeichnet (Franz 1950, Kühnelt 1950). Franz (1950) ist es nicht gelungen, Enchytraeiden in Frischkompost und Mist zu finden.

Diese Wahrnehmung kann für die frischen Mistkomposte bestätigt werden, jedoch bedarf es bei der Flachmistkompostierung nur sehr kurzer Zeit (2–3 Wochen), bis die Enchytraeiden in den Kompost einziehen. Nach meinen Beobachtungen bevorzugen sie in ihrem Lebensraum einen geringeren Feuchtigkeitsgehalt als *Eisenia foetida.*

Die Enchytraeiden sondern ein stark alkalisches Sekret der Speicheldrüse aus, das die Pflanzenreste schon außerhalb des Tierkörpers erweicht. Die Zersetzungsvorgänge sollen dadurch in eine bestimmte Richtung gelenkt werden (Kühnelt 1950). Der Wirkung dieses Speichelsekretes schreibt es Jegen (aus Kühnelt 1950) zu, daß Enchytraeiden an Pflanzenwurzeln parasitierende Nematoden abtöten können.

In ähnlicher Weise wie die Regenwürmer vermischen die Enchytraeiden in ihrem Darmkanal organische und anorganische Substanzen. Sie sind wie die Regenwürmer zur Bildung von Tonhumuskomplexen befähigt (Franz 1949).

An verschiedenen Zusatzerden konnte ich beobachten, daß die Enchytraeiden in besonderer Weise die mit Rübenwurzeln und Blättern durchmischte Erde bevorzugten, welche unter der Rübenreinigungsmaschine anfällt.

Mit Ausnahme von Ruhrvolldünger hatten sämtliche N-haltigen Düngemittel die Eigenschaft, den normalen Bestand an Enchytraeiden empfindlich zu stören (Abb. 3 und 5). Die Beigabe von Kalisalz verursachte eine geringe Steigerung. Der durchschnittliche Besatz mit Enchytraeiden in Flachmistkomposten beträgt etwa 40 Stück in 1125 ccm.

Abb. 5. Besatz mit Enchytraeiden bei Zugabe von Handelsdünger in Flachkomposten

3. Collembolen

Bei den Collembolen wurde nicht nur der Verlauf der Besiedlungsdichte, sondern auch die Sukzession der Arten untersucht. In einer getrennten Mitteilung ist darüber ausführlicher berichtet worden (MROHS 1958).

KÜHNELT (1950) und FRANZ (1949) bezeichnen die Collembolen vorwiegend als Verzehrer von Pilzsubstanz. Wahrscheinlich spielen aber die Bakterien in der Ernährung der Collembolen eine größere Rolle (GISIN 1952). Es ist wahrscheinlich, daß eine Reihe von Arten außerdem imstande ist, organische Bestandsabfälle direkt anzugreifen. Zur Beurteilung ihrer Bedeutung ist daher die Aufführung der gefundenen Arten notwendig, da die einzelnen Formen eine durchaus verschiedene Lebensweise besitzen. Durchweg gelten die Collembolen als Verarbeiter organischer Reste, die meistens in verflüssigter Form aufgenommen werden. Ihre Losung besteht entweder aus dunklen Tröpfchen oder kleinen zylindrischen Partikeln (KÜHNELT 1950).

Die bisweilen noch umstrittene bodenbiologische Bedeutung der Collembolen erscheint nach den Ergebnissen dieser Untersuchungen in einem anderen Licht. So war die Parzelle, die zusätzlich schwefelsaures Ammoniak erhalten hatte, sehr reich mit *Eisenia foetida* besetzt. Sie enthielt aber nur eine geringe Collembolenpopulation. Die Kompostierung erfolgte jedoch trotz des reichen Besatzes mit *Eisenia* sehr langsam. Die Zersetzung des Strohes und die Umwandlung der Farbe ging nicht schneller vor sich als in den übrigen Parzellen mit Stickstoffzusätzen. Sie erfolgte auch langsamer als in der Kontrollparzelle und denjenigen mit Kalisalz- und Phosphatzusatz.

Auch in den von mir durchgeführten Gewächshausversuchen fiel der Kompost der Parzelle mit schwefelsaurem Ammoniak gegen die vorgenannten ab und verhielt sich ähnlich wie die übrigen mit zusätzlichem Stickstoff versehenen Komposte. Darüber hinaus stuften sich Wuchsfreudigkeit und Gesundheit der Sämlinge und Pflanzen streng in der Weise ab, wie die verschiedenen, zur Anzucht benutzten Komposte zuvor von Collembolen besiedelt waren.

Schon LAND (1956) stellte bei ihren Untersuchungen auf Dikopshof eine allgemeine Herabsetzung der Collembolenpopulation bei Zusatz von anorganischem Stickstoff zur

Stallmistdüngung fest. Kalisalz- und Phosphatdüngung wiederum erwiesen sich als fördernde Faktoren (LAND 1956).

Die Untersuchungen an Flachmistkomposten mit anorganischen Zusätzen weisen ähnliche Ergebnisse auf. Im Durchschnitt aller Proben (Abb. 3 und 6) zeigt sich ein zahlenmäßig höherer Besatz bei N-freien Zusätzen, d. h. bei Kalisalz- und Phosphatzusatz. Die N-haltigen Düngemittel führen ohne Ausnahme zu einer Verringerung der Collembolenpopulation.

Die Untersuchung ergab folgende Reihenfolge in der Besiedlungsstärke (Abb. 6):

1. Kalisalz
2. Thomasmehl
3. Kontrolle
4. Ruhrvolldünger V
5. Kalkstickstoff + Thomasmehl + Kalisalz
6. Kalkstickstoff
7. Schwefelsaures Ammoniak
8. Kalkammonsalpeter

Der Vergleich der einzelnen Untersuchungsbefunde ergab ein mehrdeutiges Bild. Es ließe sich hierbei keine Erklärung finden, hätte man darauf verzichtet, die Collembolen auf ihre Artenzugehörigkeit zu untersuchen. Z. B. war bei der ersten Probenahme der Besatz mit Collembolen fast genau gegenläufig zu der angegebenen Reihenfolge und auch dem Grade der Zersetzung in den untersuchten Proben entgegengesetzt.

Es hat sich gezeigt, daß die Collembolen in der Besiedlung der Komposte

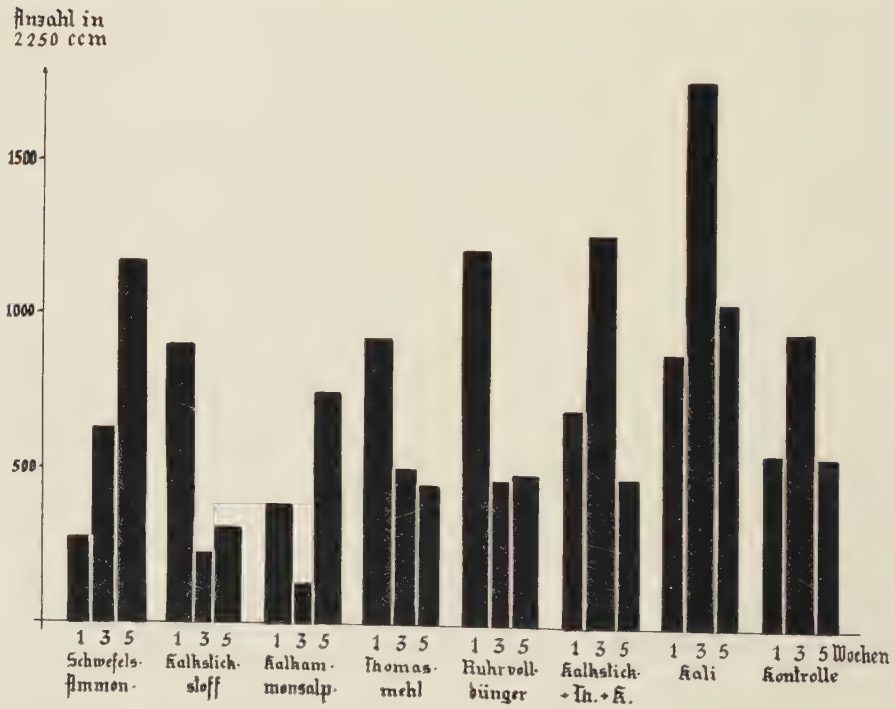

Abb. 6. Besatz mit Collembolen bei Zugabe von Handelsdünger

ganz bestimmten Gesetzmäßigkeiten folgen. Man kann also nach Kenntnis dieser Tatsache allein schon aus der Artenskala Rückschlüsse auf den Zustand des Biotops ziehen. Frischer Mist z. B. wird zuerst immer nur von spezifischen Erstzersetzern besiedelt. Danach schließen sich andere Arten an, und im Endeffekt ist eine wesentlich breitere Skala mit Bodenformen vorhanden.

Die Parzellen mit N-freien Handelsdüngemitteln werden früher besiedelt; desgleichen läuft in ihnen die Sukzession viel schneller ab. Die mit N-haltigen Zusätzen versehenen Mistkomposte zeigen neben der eben genannten Verzögerung in der Besiedlung ein längeres Verweilen der sogenannten Erstzersetzer bzw. der ersten Besiedlungsphase (Mrohs, 1958).

Im Zeitpunkt des höchsten Besatzes mit *Eisenia foetida* sinkt die Zahl der der Collembolen merklich ab. Es scheint dies jedoch weniger ein echter Antagonismus zu sein, als vielmehr ein Umstand, der durch einen Wendepunkt in der Sukzession bedingt ist. In diesem Zeitpunkt erfolgt die entscheidende Umschichtung zur Bodenfauna.

Die Anzahl der Collembolen in 1125 ccm Flachmistkompost beläuft sich auf 200–27 000.

Die Einzelheiten der Collembolensukzession sind gesondert veröffentlicht worden (Mrohs 1958). Eine kurze Zusammenfassung mag jedoch hier erfolgen.

Der organische Bestandsabfall unterliegt einem ständigen Wandel. Mit fortschreitender Zersetzung erleiden die verrottenden Massen eine stete Veränderung ihrer Eigenschaften. Für die Verhaltensweise der Collembolen ist es charakteristisch, daß die einzelnen Gattungen, resp. Arten, nur eine spezifische Zustandsstufe innerhalb des Abbaues der organischen Massen als Nahrungsquelle bevorzugen (vgl. Gisin 1951). Frischer Stallmistkompost wird fast ausschließlich von Hypogastruriden besiedelt *(Hypogastrura denticulata* und *H. assimilis).* Danach stellt sich *Friesea mirabilis* ein. Der Beginn der Vererdung des Substrates wird begleitet mit dem Erscheinen von *Onychiurus fimatus.* Es folgen Arten wie *Proisotoma thermophila* und *P. minuta.* Natürlich gibt es innerhalb dieser Reihenfolge entsprechende Überschneidungen, und es treten noch eine Anzahl anderer Arten auf. Die eben genannten zeichnen sich jedoch durch die größte Massenvermehrung aus.

Die genannten Verhältnisse laufen in Unabhängigkeit von der Jahreszeit ab, nur ihre Schnelligkeit wird von der Temperatur beeinflußt.

Von einer ähnlichen Collembolensukzession bei der Stallmistrotte auf dem Acker berichtete schon Land (1956).

4. Milben

Bei der bodenbiologisch bedeutsamen Ordnung der Milben konnten in dieser Arbeit nicht die Arten bestimmt werden. Sie soll zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen. Die nur rein statistische Auswertung dürfte bei dieser Tiergruppe weit größere Fehler zur Folge haben als anderswo, da gerade die verschiedenen Milbenarten infolge ihrer sehr unterschiedlichen Lebensweise sehr verschiedenartige Bedeutung haben (Höller 1956).

In Übereinstimmung mit Franz (1950) kann gesagt werden, daß die räuberisch lebenden *Parasitiformes* bei weitem überwiegen, während die *Oribatei* zahlenmäßig nur eine untergeordnete Rolle spielen. Ähnlich berichtet auch Höller (1956) von den Untersuchungen auf Dikopshof. Dort zeigte es sich, daß der weitaus größte Teil der *Parasitiformes* die mit Stallmist gedüngten Ackerflächen bevorzugte.

In den Flachmistkomposten wurde die Population durch Zusatz von Kalisalz sehr gefördert. HÖLLER (1956) fand die niedrigsten Zahlen auf Kali-Mangelparzellen. Diese Ergebnisse lassen auf eine besondere Bedeutung des Minerals für den Lebensraum dieser Tiergruppe schließen.

Mit Ausnahme von Kalkstickstoff hatten auch die N-haltigen anorganischen Handelsdünger eine Steigerung des Milbenbesatzes hervorgerufen (Abb. 3 und 7). Im Gegensatz dazu fand HÖLLER (1956) in den Ackerpar-

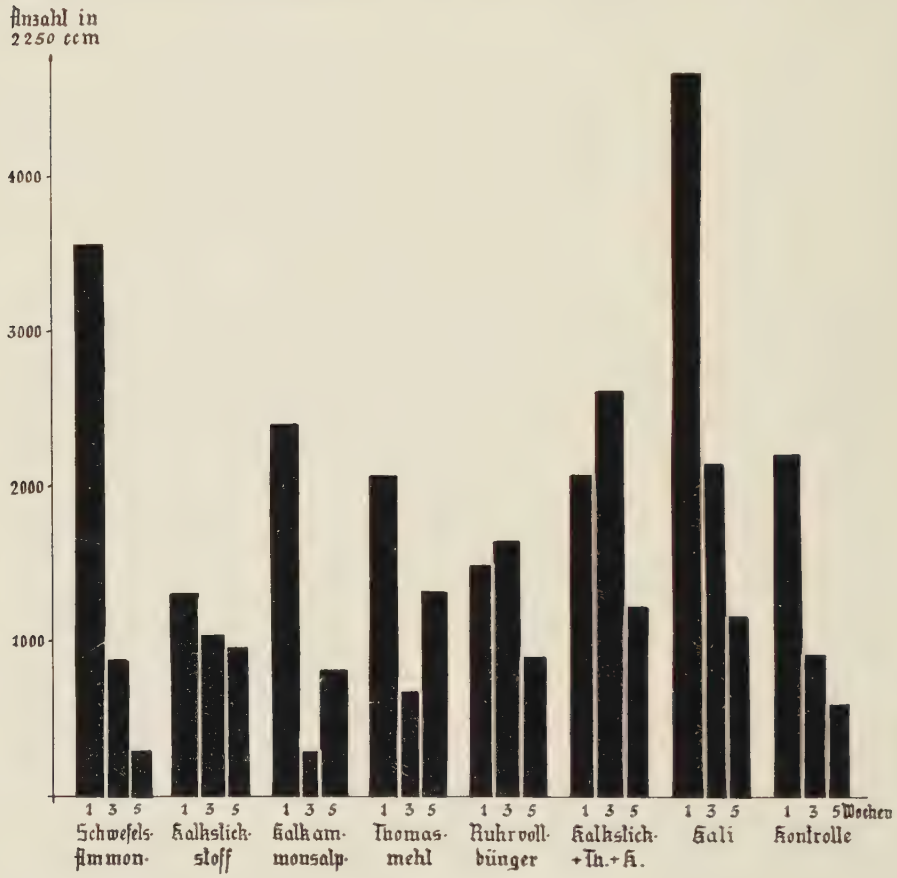

Abb. 7. Besatz mit Milben in Flachkomposten nach 1, 3 und 5 Wochen

zellen die höchsten Zahlen, die nicht mit N-Mineraldüngung versehen wurden.

In 1125 ccm Flachmistkompost wurden 150–1000 Milben gefunden.

Die Reihenfolge der Flachmistkompost-Parzellen nach der Besatzstärke ergab sich wie folgt (Abb. 3 und 7):

1. Kalisalz
2. Kalkstickstoff + Thomasmehl + Kalisalz
3. Ruhrvolldünger
4. Kalkammonsalpeter
5. Thomasmehl
6. Schwefelsaures Ammoniak
7. Kontrolle
8. Kalkstickstoff

5. Der Einfluß der Wetterlage auf die Kleintiere beim Flachmistkompost-Verfahren

Bei anhaltendem Regen ist *Eisenia foetida* fast ausschließlich in der äußersten oberen Schicht des Kompostes anzutreffen. Die Möglichkeit zu wandern ist leicht gegeben, da das Erdreich feucht ist. Ein Teil der Regenwürmer verläßt die Kompostanlage. Dabei ist das Bemühen, an Höhe zu gewinnen, erkennbar. Betonmauern und Pfähle werden erstiegen, und sofern oben die Möglichkeit einer Bleibe gegeben ist, wie Auflage eines Brettes, Vorhandensein von Spalten und Ritzen oder erdiges, organisches Material, findet sich dort *Eisenia foetida* in dichten Knäueln. Diese Wanderungen erfolgen nachts. Auf der Oberfläche der Komposte kriechen die Regenwürmer in Massen herum. In unmittelbarer Nähe der Kompostanlage sind so viele zu finden, daß man achten muß, nicht bei jedem Schritt ein Exemplar zu zertreten. Bis zu einer Entfernung von 38 m sind die Wanderungen zu verfolgen. Auf den Weiden sind die Folgen dieser Wanderungen, daß im Umkreis der dort angelegten Komposthaufen die abgelegten Kuhfladen von *Eisenia foetida* besiedelt werden. Die Stärke der Besiedlung nimmt mit der Entferung von den Komposthaufen ab.

In der Kompostanlage selbst wirkt anhaltender Regen sehr störend auf den Gang der Verrottung. Möglicherweise werden durch übermäßige Feuchtigkeit und den dadurch bedingten Mangel an Sauerstoff Fäulnisprozesse hervorgerufen. Die Regenwürmer sind bei weitem nicht mehr so lebhaft, werden blaß, und des öfteren kann man in Verwesung begriffene Exemplare finden. Selbst die Collembolen wurden durch starke Regenfälle aus ihrem Wohnort vertrieben. Abb. 8 zeigt eine Wasseransammlung neben der Kompostanlage. Zu Tausenden schwammen auf der Oberfläche Collembolen *(Hypogastrura).*

Die relativ geringen Besatzdichten mit Collembolen bei den Probenahmen 7 und 8 (Abb. 7) waren hauptsächlich auf die starken Niederschläge im Sommer 1954 zurückzuführen. Für die Regenwürmer waren die Folgen anderer Art; selbst die Parzellen mit Kalkstickstoff waren gut besetzt (Abb. 4).

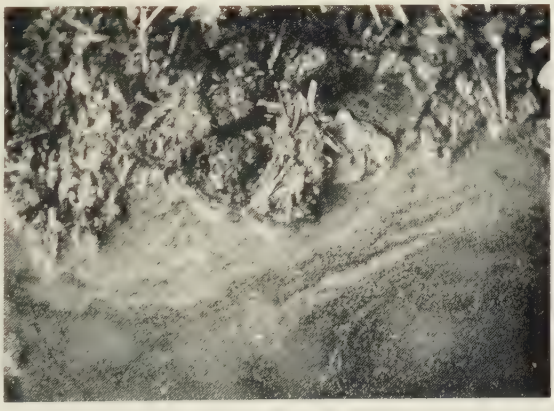

Abb. 8. Collembolen schwimmend auf Regenwasser

6. Temperaturen im Flachmistkompost

Das Temperaturoptimum für die meisten Mikroorganismen liegt bei 25–35° C (Rokitzka 1949). Kaila (1955) gibt für die Humifizierung von Stroh ein Optimum von 35° C an. Dieses Optimum ist in den Flachkomposten gegeben. Steigen die Temperaturen darüber hinaus, so erweist sich für die Kompostbewohner der Lebensraum als unhaltbar. Die für die Untersuchung herangezogenen Tiergruppen meiden hohe Wärmegrade. Bei Collembolen tritt schon bei Temperaturen zwischen 34 und 40° C Wärmestarre ein (Agrell aus Kühnelt 1950).

In den ersten 4 Wochen sind in den Flachkomposten Temperaturen zwischen 20 und 35° C zu messen. Danach sinken sie unter 20° C herab, um nach weiteren 2–3 Wochen Höhen aufzuweisen, wie sie im umliegenden Boden festzustellen sind (Abb. 9).

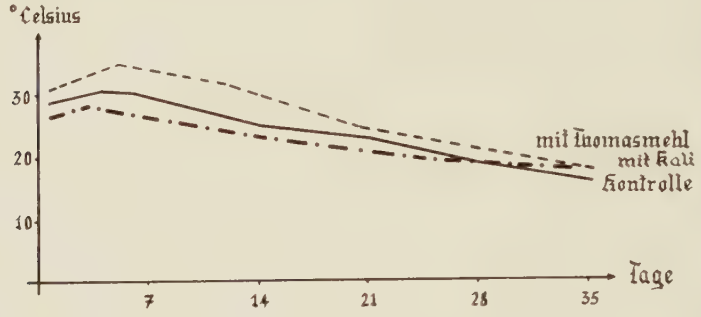

Abb. 9. Temperaturen im Flachmistkompost

In dem genannten Zeitraum hatten die Komposte das Temperaturoptimum für *Eisenia foetida.* Beim Erreichen der Bodentemperatur war die Vererdung schon weitgehend erfolgt und, wie die Untersuchungsbefunde der Collembolen zeigen, hatte sich inzwischen eine Umschichtung zur Bodenfauna ergeben. Im Winter waren in den Komposten immer noch 10–12° C zu messen. Bei Kälteeinbrüchen, wie im Winter 1953/54, konnten bei mangelnder Abdeckung die obersten Schichten einfrieren. Im allgemeinen ist man in der Lage, die Temperaturen während des Winters in einer für die Regenwürmer erträglichen Höhe zu halten, so daß sie in unserem Klima auch in dieser Jahreszeit aktiv blieben.

In unserem Klima ist der Faktor Wärme im größten Teil des Jahres nicht im Optimum. Die vorherrschende Meinung, Komposte im Schatten anzulegen, besitzt für die Flachmistkompostierung keine Gültigkeit. Im Gegenteil hat es sich hier gezeigt, daß an der Sonnenseite gelegene oder in der Sonne liegende Kompostflächen bevorzugt besiedelt wurden.

Das Zusammenspiel zwischen Temperatur und Feuchtigkeit, deren Einfluß auf die Luftverhältnisse, mag auch entscheidend sein für Verhaltensweisen anderer Tiergruppen. Entgegen der Ansicht von FRANZ (1950) fand ich Asseln und Tausendfüßler nie in Flachkomposten. Lediglich in einer 14 Monate alten Miete war einmal ein Fund von drei Chilopoden *(Geophilidae)* zu verzeichnen.

Bei den Parzellen-Komposten zeigten sich bei Messungen im Herbst 1953 gegenüber der *Kontrolle* folgende Unterschiede:

Flachmistkompost mit schwefelsaurem Ammoniak und Kalkammonsalpeter zeigte in den ersten drei Wochen um 2–3 Grad höhere Temperaturen. Mit Kalkstickstoff, Ruhrvolldünger und Kalisalz lagen sie um 2–3 Grad tiefer. Mit Kalkstickstoff + Thomasmehl + Kalisalz waren die Temperaturen sprunghaft erhöht und gesenkt, mit Thomasmehl in den ersten 12 Tagen um 5 Grad, und weiteren 14 Tagen um 2–3 Grad Celsius erhöht (Abb. 9).

In diesen nur geringen Temperaturunterschieden kann man für die Besiedlungsdichte der einzelnen Parzellen keine Vor- oder Nachteile ablesen. Bevorzugte und schlecht besiedelte Parzellen lagen in gleicher Weise bei der Messung über der Kontroll-Temperatur und umgekehrt.

7. Der Grad der mechanischen Zerkleinerung

Die Darstellung der Ergebnisse (Abb. 10) über das Aussieben der reifen Flachmistkomposte vermittelt einen guten Überblick über den Grad der mechanischen Zerkleinerung durch die Kleintiere. Die Komposte mit dem höchsten Regenwurmbesatz weisen auch den geringsten Anteil an grober

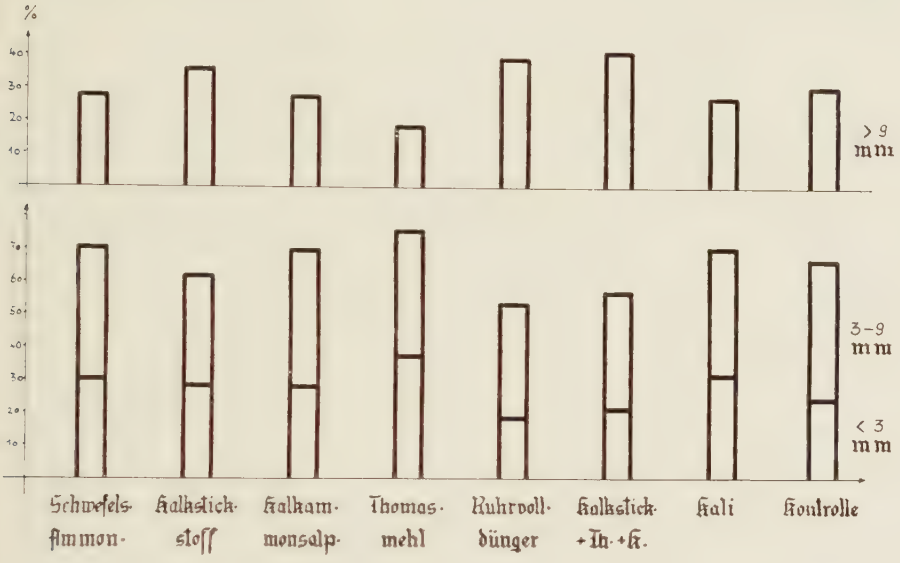

Abb. 10. Korngrößen nach Durchsieben des Materials in Flachkomposten

Flachmistkompost (Kontrollparzelle)

Auf 1m² bei einer Tiefe von 5 cm wurden gezählt an:

	Milben[1]	Collembolen[1]	Enchytraeiden[2]	Eisenia foetida[2]
0– 5 cm	45 200	102 200	1800	6100
5–10 cm	27 200	57 600	1900	8600

[1] Durchschnitt aus 32 Einzelproben
[2] Durchschnitt aus 18 Einzelproben

Mietenkompost

	Milben[1]	Collembolen[1]	Enchytraeiden[2]	Eisenia foetida[2]
0– 5 cm	36 600	46 200	500	130
5–10 cm	21 800	82 000	500	260
10–15 cm	38 900	74 200	800	520
15–20 cm	23 700	62 900	1900	1000
20–25 cm	12 700	49 700	500	1700
25–30 cm	5 000	12 000	30	2000
30–35 cm	5 000	6 300	30	520

[1] Durchschnitt aus 12 Einzelproben
[2] Durchschnitt aus 10 Einzelproben

Fraktion über 9 mm auf. Bei Thomasmehl sind es 19 und bei Kalisalz-Kompost 23%. Entsprechend hoch sind in diesen Parzellen die Anteile unter 3 mm (38 und 32%).

Die nur mangelhaftere Besiedlung der Komposte mit anorganischen N-Zusätzen äußert sich auch im Gröberbleiben des Materials. Insbesondere gilt dies für die beiden Parzellen mit Kalkstickstoff und für Ruhrvolldünger. Hier reicht der Anteil des noch groben und strohigen Materials über 40%.

b. Das Verhalten der Kleintiere in Mietenkomposten

Die Kompostierung des Stallmistes in Mieten hat andere Gesetzmäßigkeiten für den Verlauf des Abbaues zur Folge als in Flachkomposten. Die Besiedlung bleibt zunächst entweder dem Zufall überlassen oder sie kann durch eine oberflächliche Impfung zwar gefördert, jedoch kaum in vollkommener Weise gelöst werden. Schon aus diesem Grunde kann die Anzahl der Kompostbewohner nicht die Höhen erreichen wie in Flachmistkomposten.

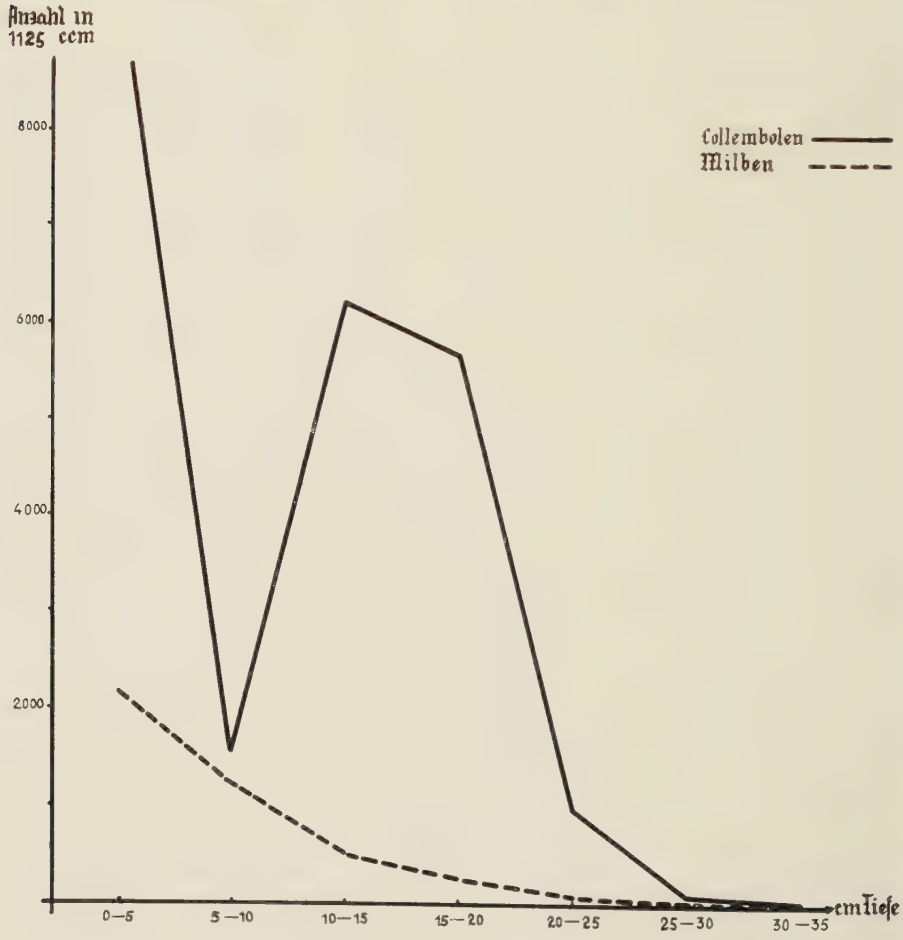

Abb. 11. Besatz mit Kleintieren nach 7 Wochen in Flachkomposten

Abb. 12. Besatz mit Kleintieren nach 4 Monaten im Mietenkompost

Zum Vergleich werden hier die durchschnittlichen Besatzstärken der vier Tiergruppen in Flach- und Mietenkompost zusammengefaßt.

Auf die zeitlichen Unterschiede der Probenahme und deren Begründung sei noch einmal hingewiesen. Schon in dem nur Wochen andauernden Entwicklungsverlauf erreichten die Kompostbewohner in den Flachkomposten weit höhere Besatzdichten. Würde man den Vergleich nicht auf die gesamte

Entwicklungsdauer beider Kompostierungsarten beziehen, sondern nur auf die absoluten Zeiten, so fiele der Vergleich für den Mietenkompost noch ungünstiger aus.

Die Besatzdichte mit Collembolen in 7 Wochen altem Flachmistkompost (Abb. 11) ist in Mietenkompost nur in einem Fall, und zwar bei vier Monate altem Material überschritten worden (Abb. 12).

Da das Porenvolumen und der Luftaustausch im Mietenkompost nach der Tiefe zu ständig abnehmen, ist wirksames Kleinleben auch nur in den obersten Schichten zu finden (Franz 1950, Kühnelt 1950, Beinert-Sauerlandt 1951). Nach dem Abbau der obersten Lage sind die Kleintiere gezwungen, tiefer zu wandern. Mit zunehmender Tiefe, gefördert noch durch den mit der Zeit immer mehr wirksam werdenden Eigendruck des Materials, wird der Mangel an Sauerstoff immer größer. So erfolgt eine wirksame Umsetzung der organischen Substanz, nach dem Grade der Durchfeuchtung und der Länge der Lagerungszeit, nur bis zu einer Tiefe von 30–40 cm. Der Kern der Miete ist völlig tierleer und wird konserviert. Die Strohhalme bleiben unverändert, der Mist behält seine ursprüngliche Farbe. Dagegen wird die oberste Schicht weitgehend mineralisiert. Hier sind die Massenverluste sehr erheblich. Eine Miete von 1,20 m Höhe kann innerhalb eines Jahres auf die halbe Höhe zusammensinken. Um eine gleichmäßige Humifizierung zu erreichen und um größere Massenverluste zu vermeiden, ist es nötig, die Mietenkomposte nach entsprechender Zeit umzuwenden.

Den Kompostbewohnern erwachsen aber nicht nur durch die genannten Gesetzmäßigkeiten Schwierigkeiten für die Besiedlung und Umsetzung der Mietenkomposte, sondern auch durch die hohen Temperaturen.

Schon einen Tag nach Anlage einer Miete kann man darin 40° C messen. Nach weiteren acht Tagen wird mit 60° C und mehr der Höhepunkt erreicht. Auf dieser Höhe verbleiben die Temperaturen etwa drei Wochen lang. Danach sinken sie allmählich ab und bewegen sich nach zwei Monaten noch um 30° C (Abb. 13).

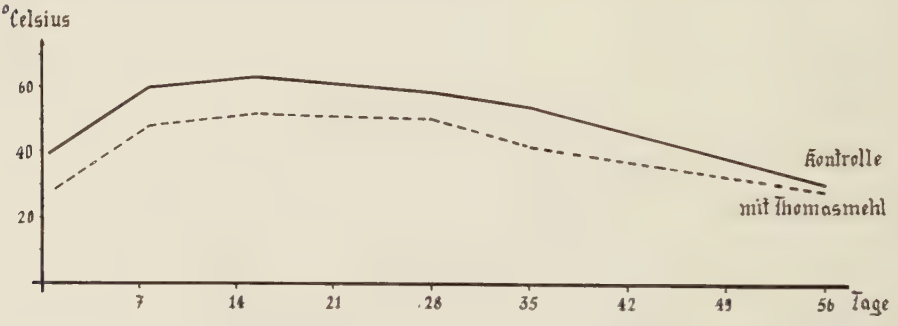

Abb. 13. Temperaturen im Mietenkompost

Im Gegensatz zu Flachmistkompost führte bei einer Miete die Zugabe von Thomasmehl zu einer durchschnittlichen Senkung der Temperatur um ca. 15° C in den ersten fünf Wochen. Selbst nach zwei Monaten war noch eine Differenz von 2° C festzustellen (Abb. 13).

Kreybich (1954) erzielte mit Zusätzen von Phosphaten zu Stapelmist ähnliche Erfolge. Die stärkere Besiedlung des Mietenkompostes mit Thomasmehl dürfte demnach auch durch

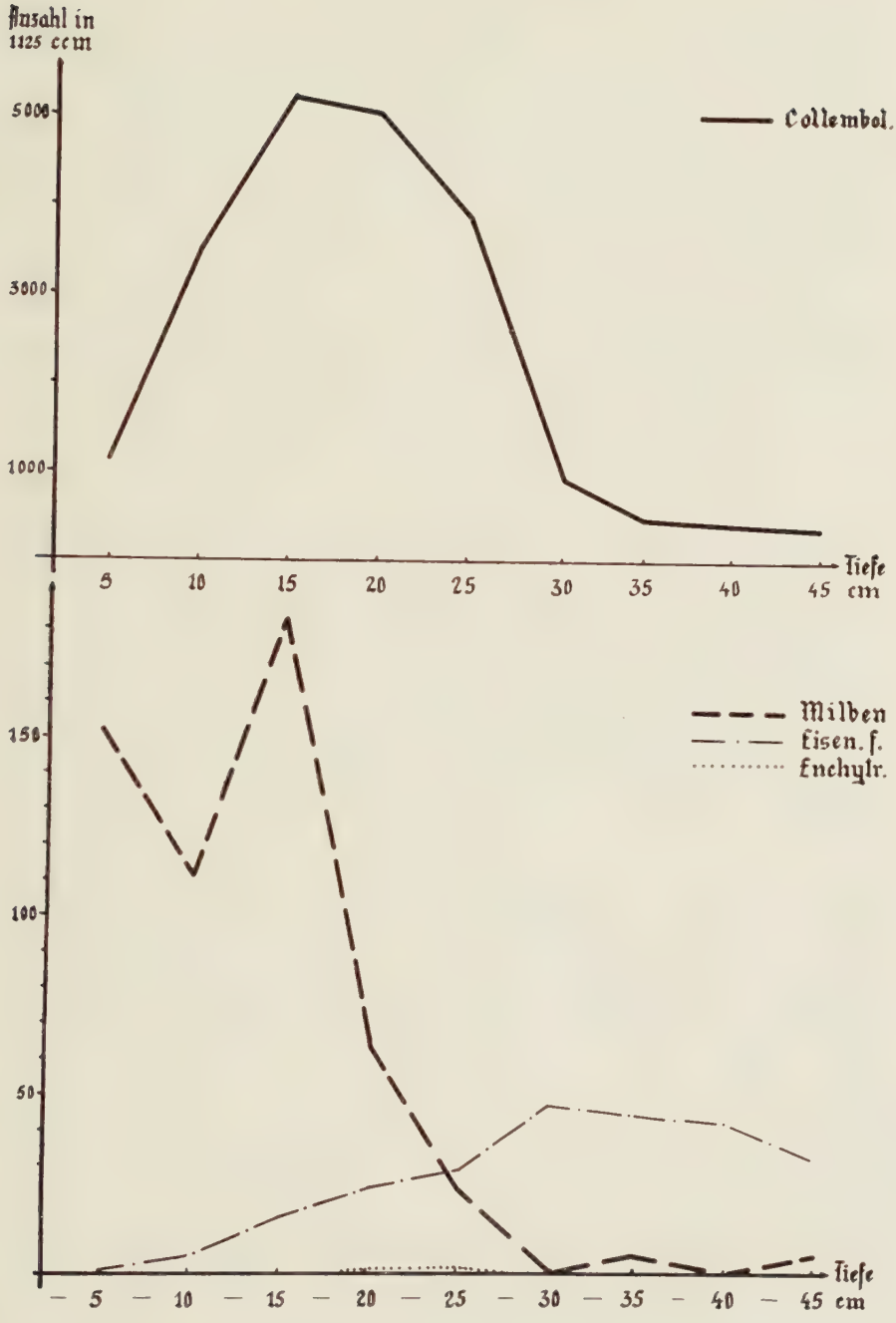

Abb. 14. Besatz mit Kleintieren nach 14 Monaten im Mietenkompost

die Verschiebung der Temperatur zum optimalen Bereich für die Kleintiere hervorgerufen sein. Die Besiedlung kann so viel eher erfolgen.

Kaila (1955) hat an Untersuchungen bei der Humifizierung von Stroh festgestellt, daß bei Temperaturen von 55 bis 65° C sich die Mikroben aus Actinomyzeten und Bakterien zusammensetzen. Bei 50° C herrschen wärmeliebende und tolerante Pilze vor; bei noch niederen Temperaturen zeigt sich ein buntes Gemisch. Bei 35° C fand er das Optimum des Abbaues. „Bei 65° C werden die meisten dunkelfärbenden Stoffe viel Huminsäure-Vorstufen enthalten, dagegen bei niederen Temperaturen echte Huminsäuren" (Kaila 1955).

Siegel (1936) berichtet, daß im Frischmist bereits echte Humusstoffe vorliegen. (28 % der organischen Masse sind in Acetylbromid unlöslich.) Durch die hohen Temperaturen von 40 bis 63° C werden sie nach seinen Angaben wieder zerstört. Würden dabei auch Neubildungen auftreten, so konnte er doch bei Kaltmisten bessere Zunahmen echter Humustoffe feststellen.

Die Frage nach der optimalen Temperatur bei der Humifizierung des Bestandabfalls dürfte solange ungeklärt bleiben, bis eine Antwort darauf gegeben werden kann, welche Endprodukte im unterschiedlichen Humifizierungsprozeß eine höhere Qualität aufweisen. In der Natur sind in unseren Breiten keine Beispiele aufzuführen, bei denen dieser Prozeß unter so hohen Temperaturen abläuft wie im Mietenkompost.

Einige Vorteile bieten die hohen Wärmegrade in sehr kalten Wintermonaten. Dann kann es u. U. nötig sein, dadurch überhaupt einen Abbauprozeß zu ermöglichen.

1. Eisenia foetida

Nach Franz (1950) ist *Eisenia foetida* in der Lage, in sehr große Tiefen vorzudringen. In einem 14 Monate alten Mietenkompost konnte ich sie noch in einer Tiefe von 45 cm vorfinden (Abb. 14). Es muß jedoch dabei bemerkt werden, daß in diesem Fall nicht mehr als 44 Tiere in 1125 ccm gefunden werden konnten, und zudem waren bis zu 95 % der Tiere junge Exemplare. Ähnlich den Verhältnissen in den Flachkomposten verlassen adulte Tiere die Miete nach einer gewissen Zeit. Der Restbestand ergänzt sich aus den in der Miete noch abgelegten Kokons. So konnte z. B. beobachtet werden, wie auf eine für Versuchszwecke ohne Regenwurmimpfung angelegte Miete aus einer

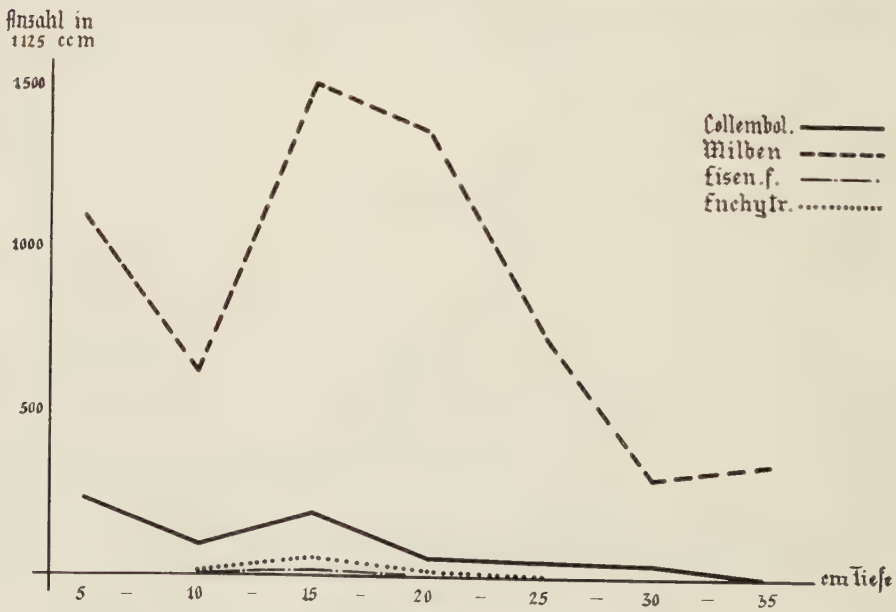

Abb. 15. Besatz mit Kleintieren nach 8 Wochen im Mietenkompost

drei Meter entfernten Miete älteren Datums geradezu eine Invasion von *Eisenia foetida* einsetzte. Dringen die Regenwürmer *(Eisenia foetida)* tiefer als 25 cm ein, so machen sie aus der Not eine Tugend.

Das Nahrungsangebot für die Regenwürmer ist in Flach- und Mietenkomposten anfangs gleich hoch und praktisch unbegrenzt. In etwa wird es durch den Zusatz von Erde eingeschränkt. Die Beigabe von Erden mit dem hier üblichen Anteil von $^1/_7$ des Frischmistes hat sich – gemessen an den Besatzdichten für die Kompostbewohner – als günstig erwiesen. Wird sie weiter erhöht, etwa auf einen Anteil von 20 bis 30%, so wird einerseits der Feuchtigkeitsgehalt zu sehr gesenkt und die Nahrungsreserve nicht unwesentlich geschmälert. An entsprechenden Versuchsmieten konnte ich beobachten, daß *Eisenia foetida* unter diesen Voraussetzungen zunächst zahlenmäßig nicht so stark auftrat und außerdem in ihrer Entwicklung behindert war. Die Exemplare brauchten sehr viel länger Zeit, um geschlechtsreif zu werden und erreichten weit größere Gewichte und Körperlängen. Dieser Sachverhalt deutet aber auf weniger gute Lebensbedingungen.

Die hohen Wärmegrade in den Mietenkomposten haben einen großen Feuchtigkeitsverlust zur Folge, so daß das Material bisweilen bewässert werden muß. Sonst kommt es zur Schimmelpilzbildung. Der Wassergehalt des Substrates kann so tief sinken, daß *Eisenia foetida* und auch die Enchytraeiden darin keine Lebensmöglichkeit mehr haben.

Beim Vergleich mit den Flachkomposten wird der Mietenkompost nur mangelhaft mit Regenwürmern besiedelt. *Eisenia foetida* wird in 1125 ccm Kompost nur in Zahlen unter 100 gefunden (Abb. 15, 16, 17). Der höchste einmalige Befund betrug 200 Exemplare (Abb. 18). In der Miete mit Thomasmehlzusatz sind zur gleichen Zeit 300 gezählt worden (Abb. 18).

Auch in den Mietenkomposten wird ein Teil des Materials in Regenwurmlosung übergeführt, hauptsächlich aber nur bis zu einer Tiefe von 35 cm.

2. *Enchytraeiden*

Die Höchstzahl der in 1125 ccm gefundenen Enchytraeiden betrug 54. Grundsätzlich ist der Besatz gegenüber Flachmistkomposten nur sehr gering (Abb. 14, 15, 16). Auch der Anteil der adulten Tiere ist geringer. In Abb. 15 übersteigt der Besatz mit Enchytraeiden den von *Eisenia foetida*. Für die Abb. 17 und 18 sind die Zahlen nicht ermittelt worden.

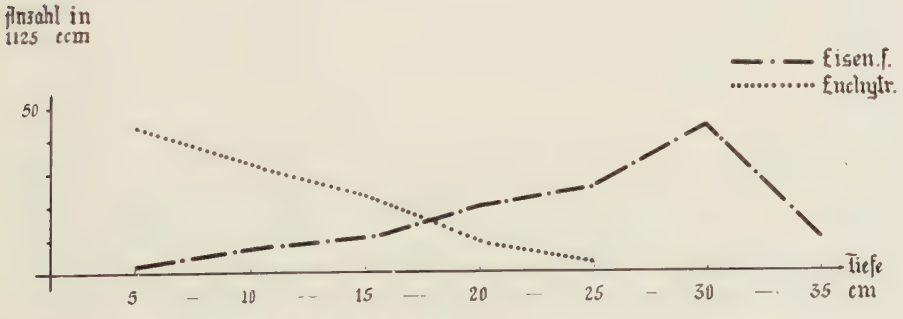

Abb. 16. Besatz mit Kleintieren nach 4 Monaten im Mietenkompost

3. Collembolen

Der Besatz mit Collembolen hält sich zunächst in mäßigen Grenzen (Abb. 15, 18). Mit zunehmendem Alter der Mietenkomposte steigt er sehr erheblich. Schließlich kommt es zu einer derartigen Massenvermehrung, daß die oberste Schicht fast vollständig mineralisiert wird (Abb. 12, 14, 20). In Abb. 18 wird die fördernde Wirkung von Thomasmehl in Mietenkomposten sichtbar.

Der schon erwähnte scheinbare Antagonismus zwischen *Eisenia foetida* und Collembolen ist auf allen Abbildungen zu erkennen. Die Maxima der entsprechenden Kurven fallen nie zusammen. Es sei hier noch einmal darauf hingewiesen, daß mit maximalem Auftreten von *Eisenia foetida* die entscheidende Phase der Humifizierung anläuft. Die Collembolen erreichen vor und nach dieser Phase zahlenmäßige Höchstwerte, und zwar zunächst die Erstzersetzer (hauptsächlich *Hypogastrura spec.*) und danach diejenigen Arten, die der Bodenfauna wesentlich zugehörig sind *(Proisotoma spec.).*

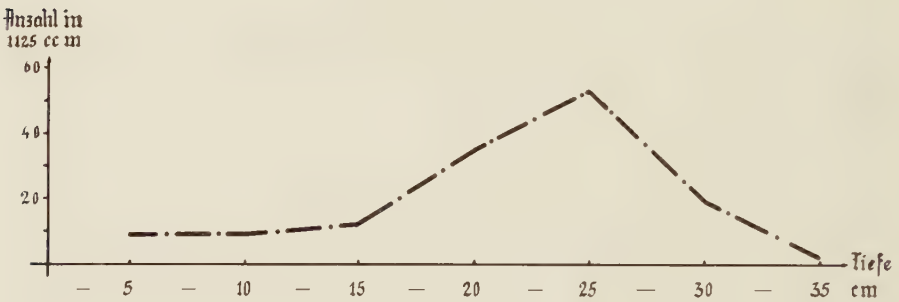

Abb. 17. Besatz mit Eisenia foetida nach 6 Monaten im Mietenkompost

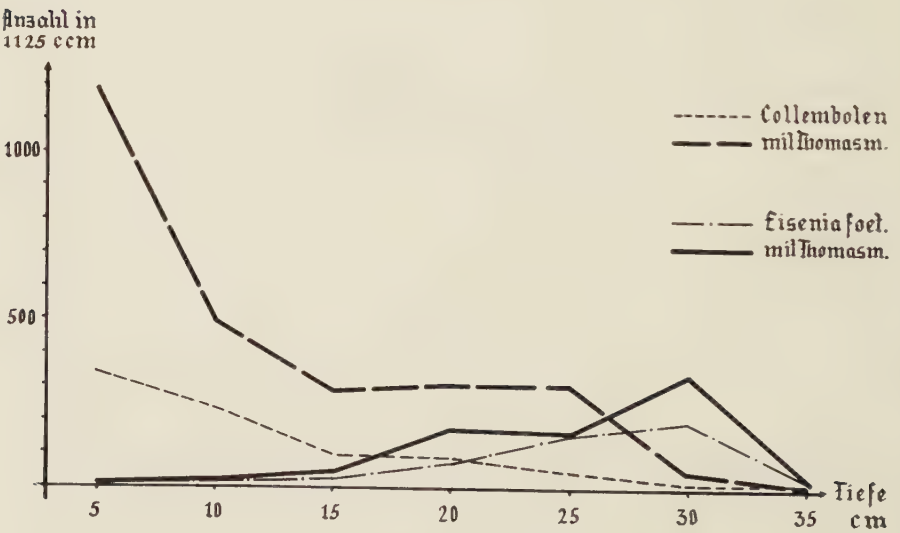

Abb. 18. Besatz mit Collembolen und Eisenia foetida nach 14 Wochen im Mietenkompost

4. Milben

Ähnlich den Verhältnissen in den Flachmistkomposten übersteigt die Anzahl der Milben die der Collembolen (Abb. 15). Von ihnen war auch gesagt, daß sie das Material im wesentlichen vor den Collembolen besiedeln. Später werden sie von den Collembolen bei weitem überflügelt, deren Vermehrungsquote (Abb. 12, 14, 20) sie auch nicht annähernd erreichen.

Auch in Mietenkomposten wurden die Milben durch Zusatz von Thomasmehl gefördert (Abb. 19).

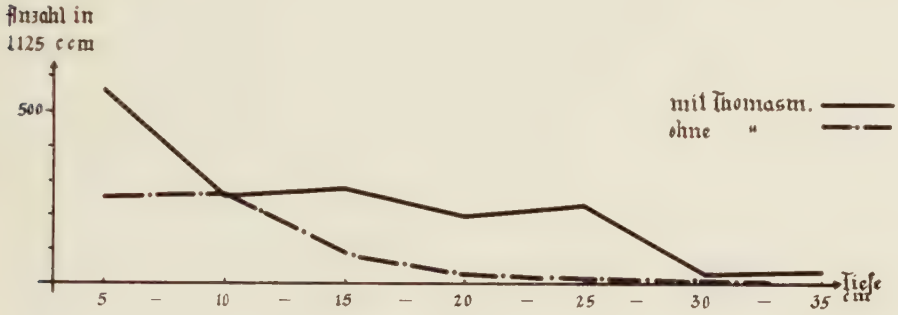

Abb. 19. Besatz mit Milben nach 14 Wochen im Mietenkompost

c. Die Besiedlung des Stapelmistes

Die Zielsetzung bei der Stapelmistbereitung, Erreichen einer gewissen Rotte, Vermeiden von Verlusten an Masse wie an Stickstoff, führte zu dem „Feucht-Fest-Verfahren". Die hierbei erzielten anaeroben Verhältnisse bieten den Kompostbewohnern nur sehr wenig Lebensmöglichkeiten.

Regenwürmer und Enchytraeiden sind überhaupt nicht anzutreffen.

Die Milben nehmen bei der Besiedlung den größten Raum ein und treten auch zuerst in Erscheinung (Abb. 21). Dies trifft jedoch nur für die oberste Zone zu und insbesondere dann, wenn die Stapelung nicht korrekt erfolgt

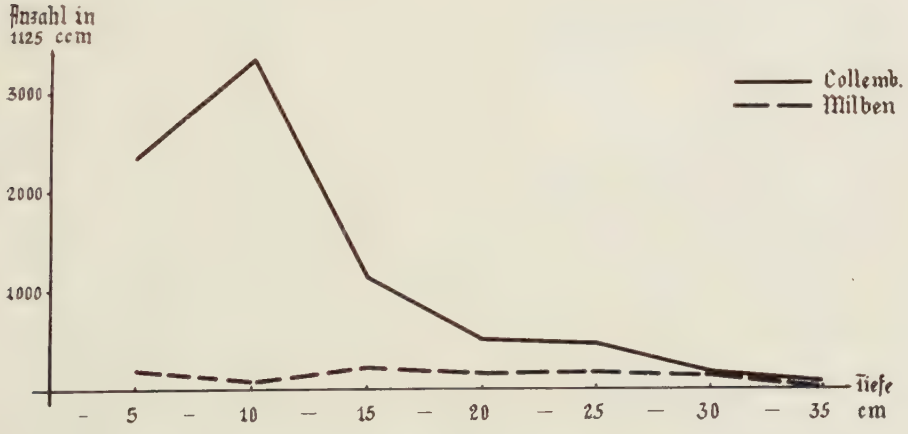

Abb. 20. Besatz mit Kleintieren nach 6 Monaten im Mietenkompost

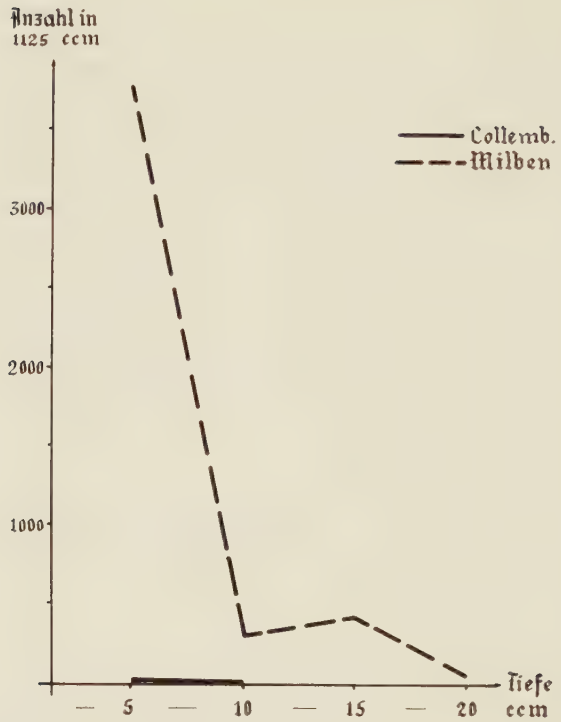

Abb. 21. Besatz mit Kleintieren nach 3 Wochen im Stapelmist

ist (vgl. Abb. 20 und 21). In einer Tiefe von 15 cm hört fast jegliches tierische Leben auf.

Collembolen sind nur in einer sehr geringen Anzahl zu finden (Abb. 21 und 22). Nach ihrer Artenzugehörigkeit handelt es sich ausschließlich um *Hypogastrura assimilis*. In Abb. 23 und 24 erzielte *Hypogastrura assimilis* in locker lagerndem Mist eine gute Massenvermehrung, wobei die Proben Pilzgeruch hatten.

Abgesehen von bakteriellen Vorgängen sind im Stapelmist Entwicklungsmöglichkeiten für die übliche Kompostfauna kaum gegeben. Es wird nur das Stadium der ersten Besiedlung durch Milben und das der spezifischen Erstzersetzer unter den Collembolen erreicht. Dabei wird regelmäßig diese Phase noch durch eine frische Mistlage und erneutes Festtreten unterbrochen.

Je nach der Höhe der täglich gestapelten Mistmengen entwickeln sich im Stapelmist Wärmegrade wie im Mietenkompost. Auch darin besteht ein Hinderungsgrund für die anfängliche Besiedlung durch die Kleintiere. Das untersuchte Material zeigte in keinem Fall Spuren einer Umsetzung durch Kleintiere. Die Farbe wurde mit zunehmender Tiefe braun. Charakteristisch war überall der typische Mistgeruch.

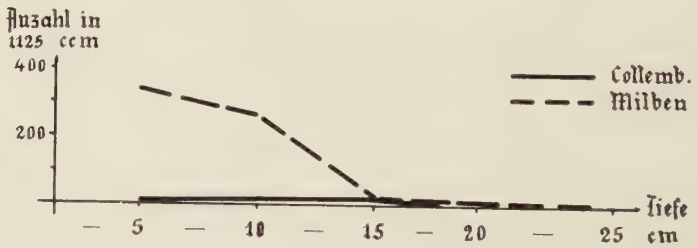

Abb. 22. Besatz mit Kleintieren nach 6 Wochen im Stapelmist

Die einseitig anaerobe Verrottung verändert auch das Material in einer Weise, daß die üblichen Kompostbewohner diese Miste später nicht in der gewohnten Weise angehen. Eigene Kompostierungsversuche mit *Tiefstall-*

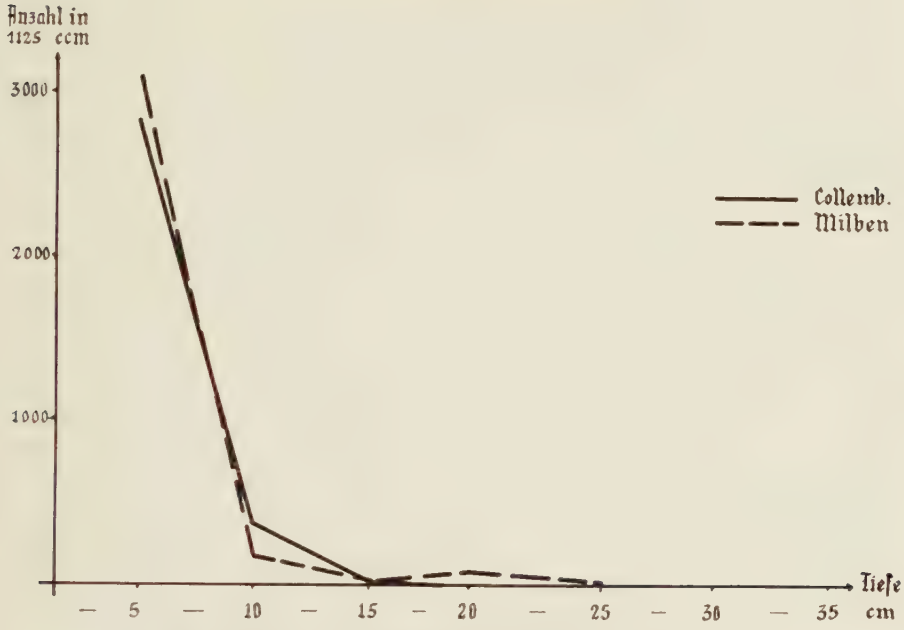

Abb. 23. Besatz mit Kleintieren nach 6 Wochen im Stapelmist

mist, der ein ähnliches Substrat darstellte wie die untersuchten Stapelmiste, zeigten, daß die Besiedlung und Humifizierung durch die Kompostfauna nur sehr zögernd vonstatten ging, wenn dieser im Flachmistverfahren weiterkompostiert wurde.

II. Die Nährstoffverhältnisse in den verschiedenen Flachkomposten

Die Ergebnisse der chemischen Analysen der Flachkomposte sind in den folgenden Tabellen angeführt. Der *N-Gehalt* des Flachmistkompostes liegt bei 0,35 %. Die Zusätze anorganischer N-Düngemittel finden in den Analysenergebnissen keinen Niederschlag. Der Verbleib des Stickstoffs ist nicht geklärt. Die Annahme, daß er ausgewaschen worden sei, ist nicht gut möglich. Die am 18. Dez. 1953 zur Untersuchung gelangten Komposte haben seit ihrer Anlage am 19. Nov. 1953 nicht mehr als 21 mm Regen erhalten. Diese Niederschläge liegen zudem zeitlich noch sehr auseinander. (Am 3. Nov. 2 mm,

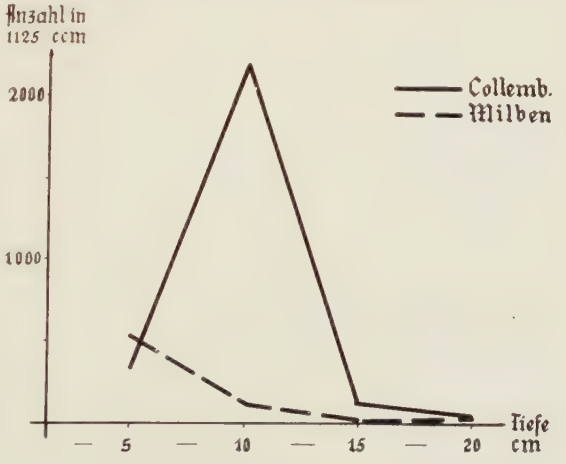

Abb. 24. Besatz mit Kleintieren nach 10 Wochen im Stapelmist

am 12. Nov. 8 mm, am 14. Nov. 2 mm und am 10. Dez. 9 mm.) Die Komposte selbst waren noch gut mit Stroh abgedeckt.

Kalia (1955) berichtet von Kompostierungsversuchen mit Stroh in Gefäßen. Hier traten bei Stickstoffzusätzen von mehr als 0,7 % Verluste in Form von NH_4 ein. Nach Jansson (1955) kommt der gebundene Stickstoff des Bodens in zwei Hauptphasen vor, einer organischen und einer anorganischen. Die Hauptmenge N liegt in der organischen Phase an energiereichen organischen Verbindungen vor.

Ergebnis der am 18. 12. 1953 untersuchten Proben Flachmistkomposte in der lufttrockenen Substanz

Zusätze von	Schwefels. Ammoniak	Kalkstickstoff	Kalk-ammonsalp.	Thomasmehl	Ruhrvoll-dünger V	Kalkst. + Thomasm. + Kali	Kali	Kontrolle	
pH (KCl)	7,4	7,9	7,9	8,2	7,7	8,0	8,6	8,3	%
Wasser (105°)	4,12	4,75	4,52	4,54	4,46	3,66	6,98	4,53	%
Organ. Stoffe (Glühverlust)	25,33	31,03	24,15	27,75	25,74	23,14	46,60	26,72	%
Gesamtstickstoff (N)	0,94	1,09	0,92	1,02	1,00	0,82	1,46	0,95	%
laktatlösliche Phosphors. (P_2O_5)	0,37	0,40	0,38	0,56	0,50	0,48	0,53	0,48	%
laktatlösl. Kali (K_2O)	0,64	1,00	0,68	0,74	0,98	0,80	2,35	1,02	%

Ergebnis der am 19. 11. 1954 untersuchten Proben Flachmistkomposte in der ursprünglichen Substanz

Zusätze von	Schwefels. Ammoniak	Kalkstickstoff	Kalk-ammonsalp.	Thomasmehl	Ruhrvoll-dünger V	Kalkst. + Thomasm. + Kali	Kali	Kontrolle ohne Zusatz	
pH (KCl)	7,1	7,2	7,4	7,0	7,2	7,4	7,1	7,4	%
Wasser (105°)	61,13	59,91	61,56	58,8	62,02	58,28	59,95	63,94	%
Organ. Substanz (Glühverlust)	10,18	9,33	9,43	9,84	9,79	9,84	10,02	10,08	%
Gesamtstickstoff (N)	0,35	0,35	0,34	0,36	0,29	0,36	0,38	0,35	%
Gesamtphosphor-säure (P_2O_5)	0,27	0,33	0,27	0,44	0,37	0,39	0,33	0,33	%
Gesamtkali (K_2O)	0,24	0,25	0,24	0,26	0,24	0,30	0,28	0,27	%

Janssons (1955) Kompostierungsversuche mit Stroh zeigten, daß die Festlegung des anorganischen in organischen Stickstoff sehr schnell vonstatten geht. Schon nach 10 Tagen war die organische N-Menge mehr als verdoppelt. Gegenüber Nitratstickstoff wurde Ammoniakstickstoff bei der Festlegung stark bevorzugt. Nitratstickstoff wurde immer in kleinem Maße in die Umgebung einbegriffen. Die verschiedenen N-Phasen können nicht als statische Faktoren angesehen werden, sondern sie sind durch ein dynamisches Gleichgewicht der Mineralisierungs- und Festlegungsprozesse bedingt (Jansson 1955).

Die schon erwähnten Versuche von Kalia (1955) zeigten auch, daß mit steigender Zugabe von Stickstoff in den ersten 6 Wochen die Abbaugeschwindigkeit stieg. Nach alledem ist anzunehmen, daß ein bestimmtes Verhältnis von Stickstoff zu den übrigen Stoffen der organischen Substanz für die Organismen in dem Humifizierungsprozeß erforderlich ist. Ist dieses Optimum überschritten, so wird es durch Freimachen des Stickstoffs wieder hergestellt. Die Art dieses Vorganges sei dahingestellt. Dieses Optimum mag abhängig sein von

Faktoren, wie Klima, Art der organischen Substanz, Menge der vorhandenen Bauelemente im Rahmen des Humifizierungsprozesses und auch der Mikrofauna.

Die Schwierigkeit der Fragestellung wird noch deutlicher durch den Umstand, daß die genannten Faktoren in lebhaften Wechselbeziehungen zueinander stehen.

Die Phosphorsäure, die den Flachmistkomposten zugesetzt wurde, findet in den Analysenergebnissen einen deutlichen Niederschlag. Der Flachmistkompost weist 0,33 % Phosphorsäure auf. In der Parzelle mit Thomasmehl beträgt der entsprechende Gehalt 0,44 %. Darüber hinaus hat die Parzelle eine deutliche Förderung des Kompostierungseffektes erfahren.

Untersuchungen von Biastoch (1938) über die Zersetzung von Jauche-Torf-Komposten zeigten auch, daß die mit Thomasmehl versetzten Komposte stärker humifiziert waren. Ähnliche Versuche von Kreybich (1954) mit Superphosphat zu Stapelmist ließen den N-Gehalt um 15 % steigen. Zusätze von Rohphosphat ließen dort erkennen, daß die Phosphorsäure desselben in organische Bindung übergeführt wurde.

Gericke (1948) berichtet von Düngungsversuchen mit reiner Mineraldüngung, bei denen aufgezeigt wird, daß es möglich ist, bei Gegenwart größerer Mengen SiO_2, P_2O_5, Fe_2O_3 und Al_2O_3, wie sie im Thomasmehl gegeben sind, Humusverbindungen entstehen zu lassen, die gegenüber der biologischen Zersetzung relativ unempfindlich sind.

Nach den ersten Analysenergebnissen war eine Steigerung des *Kali-Gehaltes* durch Zugabe von Kalisalz im Flachmistkompost möglich (s. S. 54). In der folgenden Analyse sind die Zusätze kaum zum Ausdruck gekommen. Es ist möglich, daß infolge der sehr starken Niederschläge im Jahre 1954 die zusätzlichen Kali-Gaben ausgewaschen worden sind. Der normale Gehalt an K_2O im Flachmistkompost beträgt 0,24–0,27 %.

Der *pH-Wert* in den Flachmistkomposten ist alkalisch. Zugabe von physiologisch saurem Handelsdünger hat den pH-Wert kaum beeinflußt.

D. Diskussion

Sekera (1951) will zwei Wege zur Humusbildung beachtet wissen: Die Pflege des Bodenlebens auf dem Acker für eine wirksame Humusbildung, die dort im wesentlichen der Strukturpflege dienen soll, und die Humusbildung auf dem Hof durch die Kompostierung des Bestandsabfalles zum Zwecke der Pflanzenernährung.

Die zweite Forderung Sekeras wird durch die Flachmistkompostierung nach P. A. Hessing in wirkungsvoller Weise erfüllt.

Die Flachkomposte werden jeweils über das alte darunter lagernde Material bevölkert. Diese Methode hat sich als die wirksamste erwiesen. Die Population wird nicht gestört und sucht nach Bedarf sukzessive die neuen Futterquellen auf.

Auch der Temperaturverlauf im Flachmistkompost hat sich für die Kompostbewohner als am vorteilhaftesten erwiesen.

Bei der Anlage von Mietenkomposten muß eine äußerliche Impfung mit Stammkompost erfolgen. Hierbei steht aber die Menge des Impfmaterials qualitativ und quantitativ in keinem rechten Verhältnis zu dem neuen Substrat, sofern man eine Humifizierung mit Hilfe der beschriebenen Kompostbewohner erreichen will.

Bei den Stapelmisten bleibt die Besiedlung völlig dem Zufall überlassen; dabei sei aber zugegeben, daß sie auch gar nicht vorgesehen ist.

Die untersuchten Biotope bieten den Kleintieren sehr extreme Lebens-

bedingungen. Die Bewohner sind Spezialisten nach ihrer Art und auch Gattung. Die Collembolen eignen sich besonders dazu, als Anzeiger zu dienen, ob die Kompostierung des Stallmistes im Sinne der Flachmistkompostierung richtig verläuft bzw. in welcher augenblicklichen Zustandsstufe die Komposte sich befinden.

In der ersten Phase besiedeln hauptsächlich *Hypogastrura spec.* die Komposte. Mit dem Massenauftreten von *Eisenia foetida* erscheinen *Friesea mirabilis* und *Onychiurus fimatus.* Durch das Auftreten von *Proisotoma spec.* ist schließlich angezeigt, daß die Komposte ausgereift sind. Nach diesem Zeitpunkt erfolgt auch das Abwandern von *Eisenia foetida.* Ebenso deutet das Erscheinen von Enchytraeiden auf eine weitgehende Humifizierung des Materials hin.

Zu den Komposten kann noch die Beigabe von Thomasphosphat empfohlen werden. Dadurch wird nicht nur eine Steigerung und Beschleunigung des Kompostierungseffektes erzielt, sondern zusätzlich sind die im Thomasmehl enthaltenen Mineralstoffe, insbesondere Kieselsäure und die Sesquioxyde, nach Gericke (1948) auch für die Stabilität der gebildeten Humuskomplexe von großer Bedeutung. Außerdem läßt sich dadurch auch ein arbeitswirtschaftlicher Vorteil erreichen.

Obwohl Kali-Beigaben zu den Komposten sich als sehr förderlich für die Kompostbewohner erwiesen haben, ist eine Kali-Zugabe in unserem Klima allgemein nicht ohne weiteres zu empfehlen. Je nach Höhe der Niederschläge können große Verluste durch Auswaschung eintreten.

Von Stickstoff-Zusätzen zu Stallmistkomposten ist abzusehen, da offensichtlich der normale N-Gehalt des Stallmistes für die Humifizierung als ausreichend angesehen werden kann. Zusätzliche N-Gaben stellen eine Überdosierung dar und wirken nur hemmend auf die Kompostbewohner.

Nach Sekera (1951) soll der Kompost in erster Linie dort eingesetzt werden, wo biologisch wertvolle Nahrung für Mensch und Tier gewonnen werden soll, nämlich auf Grünland, Gemüse- und Kartoffelflächen.

Jedoch zur endgültigen Bewertung der Komposte für den Gebrauch in der Landwirtschaft sind noch entsprechende Versuche notwendig. Als besonders wertvoll hat sich der Flachmistkompost für Gewächshauskulturen von Gemüse, Obst und Blumen erwiesen (Mrohs 1956).

Zusammenfassung

1. Flachmistkomposte nach dem Verfahren von P. Augustin Hessing mit Zusätzen verschiedener anorganischer Handelsdünger wurden auf ihren Besatz mit Milben, Collembolen, Regenwürmern und Enchytraeiden untersucht und mit Mietenkompost und Stapelmist verglichen.
2. Durch die vier Tiergruppen wurden die Komposte in nachstehender Reihenfolge besiedelt:
   a. Milben
   b. Collembolen
   c. Eisenia foetida
   d. Enchytraeiden
3. Die Humifizierung der organischen Substanz war nach „Güte" und Geschwindigkeit abhängig von der Anzahl spezifischer Kompostbewohner.

4. Das Temperaturoptimum bis zu 35° C für die Kompostierung von Stallmist mit Hilfe der genannten Kompostbewohner wurde im Flachmistkompost eingehalten.
5. Die Flachmistkomposte nach P. A. Hessing wiesen auf Grund der Schaffung natürlicher aerober Verhältnisse die größte Besatzdichte mit Kleintieren auf. Im Vergleich zum Mietenkompost wird der Kompostierungseffekt in wesentlich kürzerer Zeit erreicht.
6. Bei der Kompostierung des Stallmistes in Mieten wurden nur die obersten 35 cm durch die Kleintiere umgesetzt. Das darunter liegende Material blieb unverändert bzw. es wurde erst nach weitgehender Mineralisierung der obersten Zone in die Umsetzung einbezogen. Die Anzahl der Kleintiere lag bedeutend unter der im Flachmistkompost gefundenen.
7. Die Stapelung des Stallmistes bot den bodenbiologisch bedeutsamen Kleintieren nicht im nennenswerten Umfange die Möglichkeit zu einer Humifizierung des Substrates. Zudem wurde durch die anaerobe, bakterielle Verrottung der Stallmist in einer Weise umgewandelt, daß die organischen Massen mit zunehmendem Alter der üblichen Kompostfauna weniger zuträglich waren.
8. Thomasmehl und Kali hatten als Zusatz in den Flachmistkomposten eine schnellere Besiedlung und größere Besatzdichten zur Folge gehabt.
9. Die N-haltigen Handelsdünger waren den Kleintieren in den Komposten nicht zuträglich. Entsprechend wurde die Kompostierung verzögert.
10. Bestimmte Arten von Collembolen lösten sich gesetzmäßig mit zunehmender Veränderung des Substrates ab. Erstbesiedler sind:
    Hypogastrura assimilis,
    Hypogastrura denticulata.
    Dann folgen: *Friesea mirabilis* und
    Onychiurus fimatus;
    „reifen" Kompost zeigten an: *Proisotoma minuta,*
    Proisotoma thermophila.
11. Die Sukzession lief in Unabhängigkeit von der Jahreszeit ab. Die unterschiedlichen Temperaturen im Verlauf des Jahres verzögerten oder beschleunigten die Sukzession der Arten.
12. Die Collembolen eignen sich daher besonders als Anzeiger, wie die Umbildung der Komposte verläuft und ob die Komposte richtig „ausgereift" sind.

Literatur

1. Beutelspacher, H.: Wechselwirkung zwischen anorganischen Kolloiden des Bodens. Z. f. Pfl. D. B. (69, 1–3, 1955, S. 108).
2. Beinert-Sauerlandt: Der wirtschaftseigene Dünger. Parey, Berlin 1951.
3. Dotterweich, H.: Das biologische Gleichgewicht. Jena 1940.
4. Fink, A. Z.: Ökologische und bodenkundliche Studien über die Leistung der Regenwürmer für die Bodenfruchtbarkeit. Z. f. Pfl. D. B. 58, 1952, S. 120.
5. Franz, H.: Die Bedeutung der Kleintiere für die Humusbildung. Z. f. Pfl. D. B. 69, 1–3, 1955, S. 176.
6. Franz, H.: Bildung von Humus aus pflanzlichem Bestandsabfall und Wirtschaftsdünger durch Kleintiere. Bodenkunde und Pflanzenern. 32/1943.
7. Franz, H.: Untersuchung über die Bedeutung der Bodentiere für die Erhaltung und Steigerung der Bodenfruchtbarkeit. Forschungsd. 13/1942, S. 320–333.

8. Franz, H.: Bodenleben und Bodenfruchtbarkeit. Wien 1949.
9. Franz, H.: Bodenzoologie als Grundlage der Bodenpflege. Berlin 1950.
10. Franz, H.: Der Einfluß verschiedener Düngungsmaßnahmen auf die Bodenfauna. Wien 1953.
11. Franz, H.: Neue Forschungen über den Rotteprozeß von Stallmist und Kompost. Wien 1950.
12. Gericke, S.: Probleme der Humuswirtschaft. Berlin 1948.
13. Gisin, G.: Ökologische Studien über die Collembolen des Blattkompostes. Genf 1952.
14. Gisin, H.: Hilfstabellen zum Bestimmen der holarktischen Collembolen. Basel 1944.
15. Gisin, H.: Neue Forschungen über Systematik und Ökologie der Collembolen. Die Naturwissenschaften 23, 1951.
16. Gisin, H.: Notes sur les Collemboles, avec demembrement des *Onychiurus armatus, ambulans* et *fimetarius auctorum.* Mitt. d. Schweiz. Entomolog. Ges. 1, 1952.
17. Handschin, E.: Die Tierwelt Deutschlands. 16. Teil 1929. Berlin.
18. Herbke, G.: Untersuchungen über das Vorkommen von Tausendfüßlern in landwirtschaftlich genutzten Böden des Dauerdüngungsversuchs auf Dikopshof. Diss. Bonn 1956.
19. Höller, G.: Die Bodenmilben des rheinischen Lößlehms in ihrer Abhängigkeit von Düngung und anderen Standortfaktoren. Diss. Bonn 1956.
20. Jansson, S. L.: Orientierende Studien über den Stickstoffkreislauf im Boden mit Hilfe von 15 N als Leitisotop. Z. f. Pfl. D. B. 69, 1–3, 1955, S. 190.
21. Jegen, G.: Die Bedeutung der Enchytraeiden für die Humusbildung. Ldw. Jahrb. Schweiz 34, 1920, zitiert nach Kühnelt 1950.
22. Jegen, G.: Zur Biologie und Anatomie einiger Enchytraeiden. Viertelj. Naturforsch. Ges. Zürich 65, 1920, zitiert nach Kühnelt 1950.
23. Kühnelt, W.: Bodenbiologie. Wien 1950.
24. Kaila, A.: Observations on the effect of nitrogen and phosphorus upon the humification of straw.
25. Kaila, A.: Humification of straw at various temperatures. Acta agralia Fennica, Helsinki 1952. Ref. aus Z. f. Pfl. D. B. 69, 1955.
26. Kollmansperger, F.: Über die Bedeutung des Regenwurms für die Fruchtbarkeit des Bodens. Dechniana Bd. 105/106, 1952/53, S. 165–187.
27. Kubiena, W.: Entwicklungslehre des Bodens. Wien 1948.
28. Kreybich, L.: Neuere biologische Düngemittel und Düngungsmethoden. Die deutsche Landwirtschaft. 12, 1954, S. 601–611.
29. Laatsch, W.: Dynamik der deutschen Acker- und Waldböden. Dresden 1944.
30. Land, G.: Die Abhängigkeit der bodenbewohnenden Collembolen von Düngung und anderen Standortfaktoren unter Dikopshöfer Verhältnissen. Diss. Bonn 1956.
31. Meyer, L.: Experimenteller Beitrag zu makrobiologischen Wirkungen auf Humus und Bodenbildung. Bodenkunde und Pflanzenernährung 29, 1943, S. 119.
31a. Mrohs, E.: Die Collembolen des Flachmistkompostes. Z. f. ang. Ent., Bd. 42, 1958.
32. Rokitzka, A.: Allgemeine Mikrobiologie. München 1949.
33. Siegel, O.: Experimentelle Grundlagen zur zweckmäßigsten Stallmistbereitung unter bäuerlichen Verhältnissen. Z. f. Pfl. D. B. 43, 1936, S. 186.
34. Siegel, O. u. Meyer, E.: Wirkung einer Beimischung von Montmorillonit-Ton auf Rotte und Humifizierung des Stallmistes. Z. f. Pfl. D. B. 7, 1938, S. 190.
35. Wilcke, D. E.: Untersuchungen über den Einfluß von Stallmist und Mineraldünger auf die Regenwürmer im Ackerboden. Bonn 1956, unveröffentlicht.
36. Wittich, W.: Der heutige Stand unseres Wissens von Humus und neue Wege zur Lösung des Rohhumusproblems im Walde. Frankfurt 1952.
37. Wittich, W.: Untersuchungen über den Verlauf der Streuzersetzung im Walde. Frankfurt 1953.

Aus dem Zoologischen Institut Bonn, Direktor: Prof. Dr. R. Danneel
Abteilung: Prof. Dr. H. Wurmbach

Quantitative Untersuchungen über die Bedeutung der Asseln und der Bakterien für die Fallaubzersetzung unter Berücksichtigung der Wirkung künstlicher Düngemittelzusätze

Teil II[1]

Von Anneli Biwer

Mit 13 Abbildungen

D. Streuzersetzung durch Bakterien

I. Quantitative Untersuchungen über den Blattverbrauch

Analog zu den Fütterungsversuchen mit Asseln wurden quantitative Untersuchungen über den Blattverbrauch durch Bakterien durchgeführt. Es wurde dabei zunächst der durch Bakterientätigkeit hervorgerufene Blattsubstanzschwund festgestellt, wobei dieser aus der Differenz zwischen der Trockensubstanz der Blatteinwaage und der nach 8 Tagen verbliebenen Restlaubmenge errechnet wurde. Wie aus Tabelle 8 ersichtlich, war bereits nach 8 Tagen die mehr oder weniger weit fortgeschrittene Zersetzung der einzelnen Blattarten festzustellen.

Tabelle 8

Schwund der Blattsubstanz durch Bakterientätigkeit bei verschiedenen Laubarten mit Angabe deren N- und K_2O-Gehaltes

Laubart	N	K_2O	Tr.-Subst. in mg		Schwund der Tr.-Subst. in % der Blatteinwaage
			Versuchsbeginn	8. Tag	
Acer platanoides	0,82	1,35	462,6	415,0	12,89
Corylus avellana	1,87	1,20	466,2	425,8	8,66
Alnus glutinosa	2,92	0,60	463,0	424,4	8,33
Ulmus carpinifolia	1,11	1,54	464,0	426,3	8,10
Tilia cordata	1,08	0,32	456,0	422,2	7,41
Carpinus betula	1,04	0,64	462,2	429,0	7,18
Populus nigra	1,47	1,12	465,0	436,0	6,65
Betula pendula	1,11	1,10	464,0	433,2	6,63
Fagus silvatica	1,01	0,23	462,5	444,8	3,82

[1] Teil I erschien in Heft 48/3.

Der Schwund der Blattsubstanz war am größten bei Ahorn- und am geringsten bei Rotbuchenblättern. In gleicher Weise zeigen auch Tabelle 1 und 2, daß in Fütterungsversuchen mit Asseln der Blattsubstanzschwund bei Ahorn- und Ulmenblättern sehr groß war.

In einer zweiten Versuchsreihe wurde die Zersetzungsgeschwindigkeit der Blattarten *Alnus glutinosa*, *Betula pendula*, *Fagus silvatica* und *Acer platanoides* an der von den Bakterien abgegebenen CO_2-Menge bestimmt. Hierzu wurden in 10 Schalen je 500 mg Blattsubstanz gegeben und mit 1 ccm Wasser angefeuchtet. Die täglich abgegebene CO_2-Menge wurde während einer Versuchsdauer von 14 Tagen gemessen. Die auf Stunden umgerechneten Tageswerte sind aus Abbildung 16 ersichtlich.

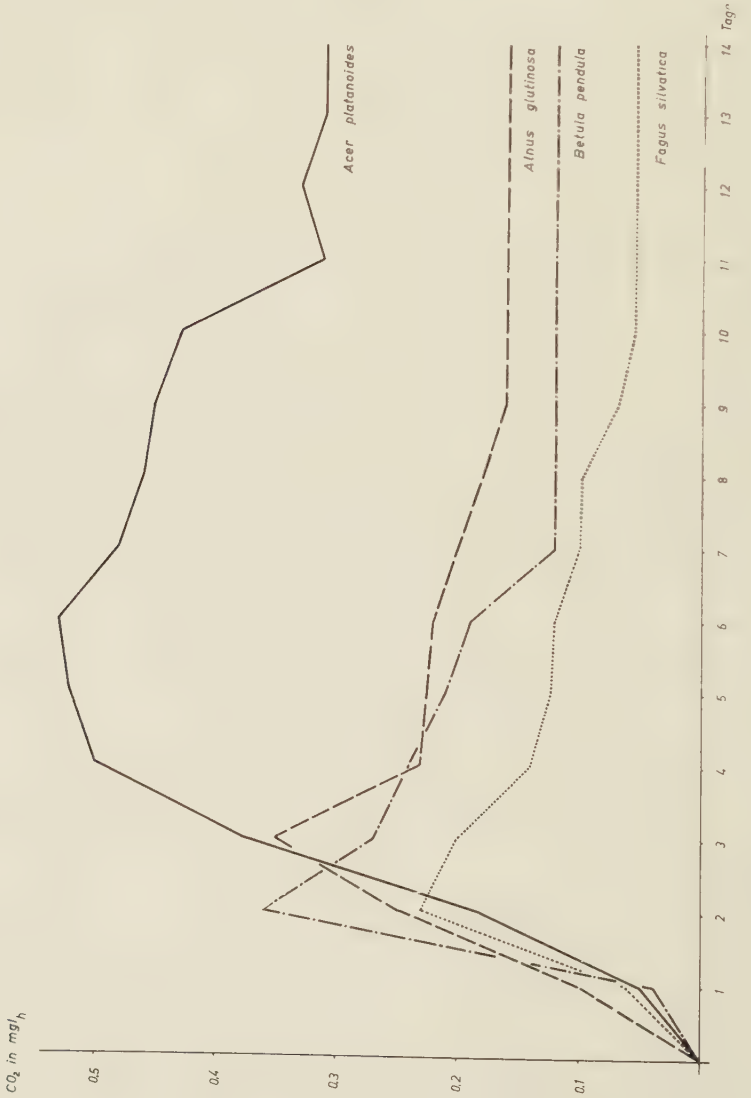

Abb. 16. CO_2-Bildung durch Bakterien bei verschiedenen Laubarten

Die Blattarten *Alnus, Betula* und *Fagus* erreichten am 2. bzw. 3 Tag den maximalen Wert der CO_2-Abgabe. Die CO_2-Abgabe verringerte sich an den folgenden Tagen kontinuierlich, bis sie nach 7–9 Tagen einen gleichbleibenden Wert erreichte. Bei *Acer* war die abgegebene CO_2-Menge bedeutend größer als bei den drei oben genannten Blattarten. Sie erreichte erst am 6. Tag den maximalen Wert. Vom 11. Tag an war die gebildete CO_2-Menge annähernd gleichbleibend, dabei jedoch weit größer als bei allen anderen Laubarten.

II. Bestimmende Faktoren der Zersetzungsgeschwindigkeit

Die Bestimmung der Faktoren, die die Bakterientätigkeit beeinflussen, ist von besonderer Bedeutung, da der Zersetzungsgrad der Blätter abhängig von dem Bakterienleben ist und seinerseits die Fraßmenge der Asseln wesentlich beeinflußt.

Nach Untersuchungen von Waksman und Tenney (1927), Nommik (1938) sowie Wittich (1943, 1952) werden eiweißreiche Blattarten schneller zersetzt als eiweißarme.

Durch eigene Untersuchungen konnten jedoch direkte Beziehungen zwischen Zersetzungsgeschwindigkeit und N-Gehalt nur für einige Laubarten nachgewiesen werden. So zeichneten sich *Corylus* und *Alnus* durch einen höheren Substanzverlust aus als die eiweißärmeren Blattarten *Tilia, Carpinus, Betula* und *Fagus* (s. Tab. 8). Der Substanzverlust stand u. a. bei *Alnus, Betula* und *Fagus* in positiver Korrelation zu dem N-Gehalt dieser Laubarten; das gleiche traf für die abgegebene CO_2-Menge zu (s. Abb. 16).

Bei den übrigen Blattarten war dagegen eine Abhängigkeit der Zersetzungsgeschwindigkeit vom N-Gehalt nicht zu erkennen. Ahorn- und Ulmenblätter wurden trotz ihres weiten C:N-Verhältnisses sehr schnell zersetzt (s. Tab. 8 und Abb. 16). Da diese Blattarten ebenso wie Haselnußblätter sehr K_2O-reich sind, mag auch der hohe K_2O-Gehalt die Bakterientätigkeit beeinflussen. Eine Abhängigkeit der Zersetzungsgeschwindigkeit vom K_2O-Gehalt ließ sich jedoch bei den übrigen Blattarten nicht aufdecken.

Die Nährstoffe CaO und P_2O_5 waren ohne Einfluß auf die Abbaugeschwindigkeit.

Die Bakterientätigkeit wird, ähnlich wie die Fraßtätigkeit der Asseln, noch von anderen Faktoren bestimmt, wobei dem Härtegrad der Blätter große Bedeutung zukommt. Wie aus Tabelle 8 hervorgeht, zeichnen sich die Rotbuchen-, Birken- und Pappelblätter durch geringen Substanzverlust aus.

Außerdem sind bestimmte in der Blattstreu enthaltene Stoffe von Einfluß auf die Zersetzungsgeschwindigkeit. Sie können die Bakterientätigkeit fördern oder aber auch hemmen. Wichtig sind hierzu die Untersuchungen von Sanborn (1926), der die Zersetzungstätigkeit von Cellulosebakterien durch Hinzufügen eines aus abgelagertem Ahornlaub gewonnenen Extraktes beschleunigen konnte. Ahornblätter enthalten demnach Stoffe, die die Zersetzungstätigkeit von Cellulosebakterien anregen; sie werden daher sehr schnell zersetzt (s. Abb. 16). Auf die von Winter und Willeke (1952a, 1952b) sowie von Winter und Bublitz (1953) nachgewiesenen bakterienhemmenden Stoffe wurde bereits hingewiesen.

E. Wirkung der Mineralstoffdüngung auf die Streuzersetzung

I. Beeinflussung der Zersetzungstätigkeit der Bakterien

In den vorangegangenen Versuchsreihen wurde festgestellt, daß die Fraßtätigkeit der Asseln von verschiedenen Faktoren abhängt. Als ein wichtiger Faktor erwies sich dabei der Grad der Vorzersetzung der Blätter durch Bakterien. Da die Zersetzungstätigkeit der Bakterien u. a. von dem Nährstoffgehalt der Blätter abhängt, lag im Interesse einer schnellen Streuzersetzung der Versuch nahe, durch Düngung der Blattstreu ihren bakteriellen Abbau zu beschleunigen. Die hierdurch erzielte Erhöhung des Vorzersetzungsgrades könnte sich dann ihrerseits auf die Fraßtätigkeit der Asseln positiv auswirken.

Die Wirkung von P-, K-, N- und Ca-Zusätzen auf die Bakterientätigkeit wurde in Versuchen mit *Birken-*, *Rotbuchen-* und *Erlenblättern* untersucht. Hierbei kam P als Na_2HPO_4, K als KCl, N als $CO(NH_2)_2$ und KNO_3 und Ca als $CaCO_3$ zur Anwendung. Bei der Kombination mit P und K lag N als $CO(NH_2)_2$ vor.

Die Zersetzungsgeschwindigkeit der Blätter ließ sich nach der von den Bakterien abgegebenen CO_2-Menge einerseits und nach dem durch die Einwirkung der Nährlösungen hervorgerufenen Substanzverlust andererseits bestimmen.

Zur Ermittlung der CO_2-Menge wurden in je 10 Schalen 500 mg Blattsubstanz gebracht und mit 1 ccm Nährlösung angefeuchtet. Zur Kontrolle wurde entsprechend 1 ccm Wasser gegeben. Die Versuche erstreckten sich über einen Zeitraum von 4 Tagen, wobei die Messungen jeweils im Abstand von 24 Stunden erfolgten. Von den vier Meßwerten wurde ein Mittelwert gebildet und aus diesem der Stundenwert errechnet. Die CO_2-Bestimmungen

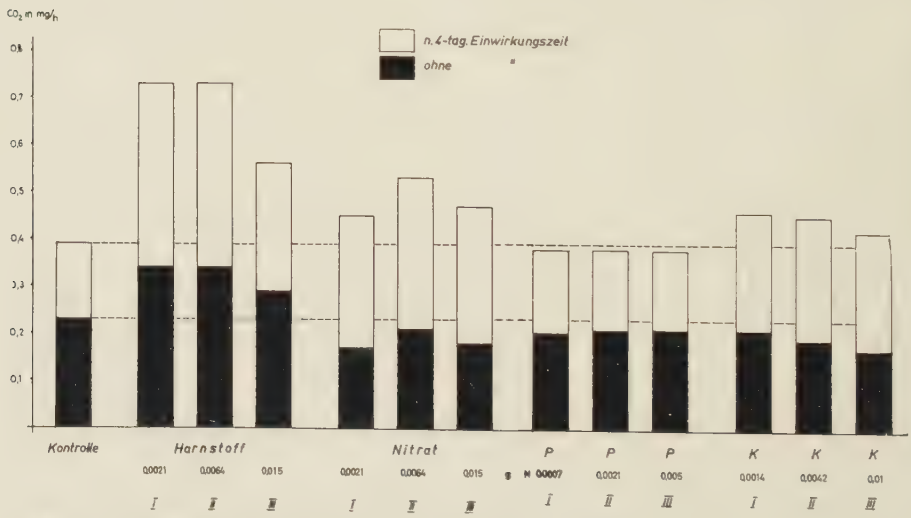

Abb. 17. CO_2-Bildung durch Bakterien nach N-, P- und K-Zusätzen zu 500 mg Blattsubstanz von *Betula pendula*. N-, P- und K-Angaben in g je g Blattsubstanz

erfolgten an frischem Fallaub und an Blättern, die bereits vier Tage durch die Nährlösungen bzw. Aqua dest. vorzersetzt waren.

In der Versuchsreihe mit *Birkenblättern* erfolgten die N-Zugaben in Form von Harnstoff oder Kaliumnitrat, und zwar so, daß das C:N-Verhältnis von 47,5 : 1 auf 40 : 1, 30 : 1 und 20 : 1 verengt wurde. N+P+K-Zusätze standen im Verhältnis 3 : 1 : 2.

Wie Abbildung 17 zeigt, wurde durch Harnstoff die Bakterientätigkeit sowohl ohne, mehr aber noch nach vorheriger 4tägiger Einwirkungszeit der Lösung stark gefördert. Die starke Dosierung III war von geringerer Wirkung als die beiden schwächeren Konzentrationen I und II.

Die hohen CO_2-Werte bei Harnstoffzusätzen können nicht auf Spaltung des Harnstoffs in CO_2 und NH_3 beruhen, da einmal bei den niedrigen Konzentrationen die größten CO_2-Mengen gebildet werden und da zum anderen, wie Abbildung 18 zeigt, der hohe Substanzverlust bei *Betula* nach Harnstoffzusätzen auf rege Bakterientätigkeit zurückzuführen ist.

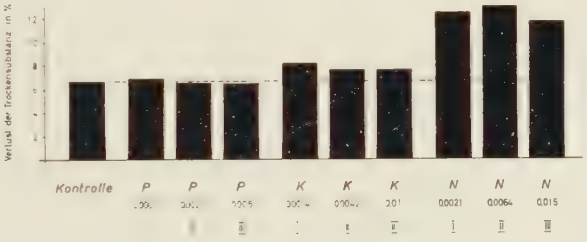

Abb. 18. Substanzverlust der Blätter von *Betula pendula* durch Bakterientätigkeit nach Nährstoffzusätzen. N-Zusätze in Form von Harnstoff; P-, K- und N-Angaben in g/g Blattsubstanz, Versuchsdauer 8 Tage

N-Zusatz in Form von Kaliumnitrat dagegen hemmt zu Beginn die Bakterientätigkeit, steigert sie aber nach 4tägiger Einwirkungszeit der Lösung. Die mittlere Konzentration II zeigte dabei die beste Wirkung.

P-Zusätze sind ohne Wirkung auf die gebildete CO_2-Menge. Die geringen Abweichungen vom Kontrollwert liegen innerhalb der Fehlergrenze (s. Abb. 17).

K wirkt sich zu Beginn negativ, später aber in den beiden niedrigen Konzentrationen I und II positiv auf das Bakterienleben aus (s. Abb. 17).

Zugaben von N + P steigerten die CO_2-Bildung sofort, besonders aber nach vorheriger 4tägiger Einwirkungszeit (s. Abb. 19).

Das gleiche gilt für N + P + K, nur daß hier die Konzentrationen II und III zunächst ohne Einfluß auf die Bakterientätigkeit waren. Sowohl bei N+P als auch bei N+P+K wurde die Zersetzungsgeschwindigkeit durch die niedrige Konzentration I am stärksten und durch die starke Konzentration III am wenigsten gefördert.

Eine der mit Birkenblättern entsprechende Versuchsreihe wurde mit Erlenblättern durchgeführt.

Aus den über 8 Tagen durchgeführten CO_2-Messungen wurde ein Durchschnittswert berechnet. Die Nährstoffe wurden in der Kombination P+K und N+P+K zugegeben, und zwar P+K im Verhältnis 1 : 2 und N+P+K im Verhältnis 1 : 2 : 3, sowie 1 : 2 : 2.

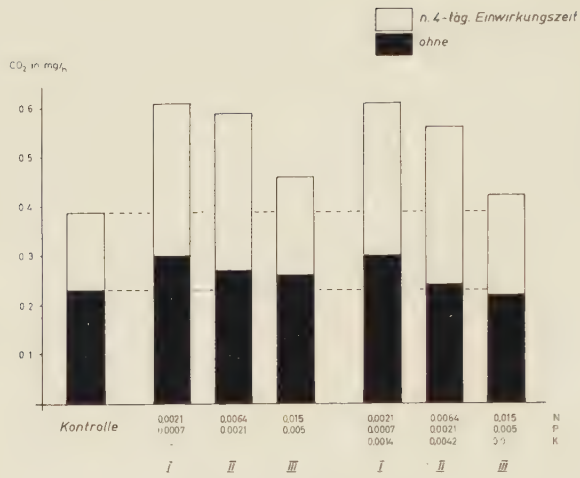

Abb. 19. CO_2-Bildung durch Bakterien nach Nährstoffzusätzen zu 500 mg Blattsubstanz von *Betula pendula*. N + P- und N + P + K-Angaben in g/g Blattsubstanz; Versuchsdauer 8 Tage

Durch P + K-Zusätze erhöhte sich die Bakterientätigkeit im Vergleich zur Kontrolle, und zwar bei Konzentration I mehr als bei Konzentration II. Weitaus stärker war die Wirkung bei N + P + K-Zugaben, welche in beiden Konzentrationen annähernd die gleiche Höhe der CO_2-Produktion und des Substanzverlustes aufwiesen (s. Abb. 20).

Der durch Nährstoffzusätze bewirkte Anstieg der CO_2-Menge war bei Erlenblättern im Vergleich zu Birkenblättern wesentlich höher. Dies dürfte mit der größeren Populationsdichte der Bakterien auf Erlenblättern zusammenhängen (vgl. S. 1719).

In einer dritten Versuchsreihe wurde untersucht, inwieweit sich Düngezusätze bei den nährstoffarmen Rotbuchenblättern auf die Bakterientätigkeit auswirken. Die N-Zusätze wurden wieder so bemessen, daß das C:N-Verhältnis der Rotbuchenblätter von 59,5 : 1 auf 40 : 1, 30 : 1 und 20 : 1 verengt wurde; die für jeden Tag ermittelten Werte der CO_2-Menge sind, auf Stundenwerte umgerechnet, in Form einer Kurve dargestellt (s. Abb. 21). Es zeigte sich, daß Harnstoffzusätze die Bakterientätigkeit erhöhten. In den ersten vier Tagen war die produzierte CO_2-Menge bei den niedrigen Konzentrationen am größten, in den nächst folgenden Tagen zeigte die stärkste Konzentration den höchsten Wert.

N in Form von Kaliumnitrat beeinträchtigte bei Rotbuchenblättern im Gegensatz zu Birkenblättern auch nach 8 Tagen die Bakterientätigkeit (s. Abb. 22).

Ein Substanzverlust war weder bei

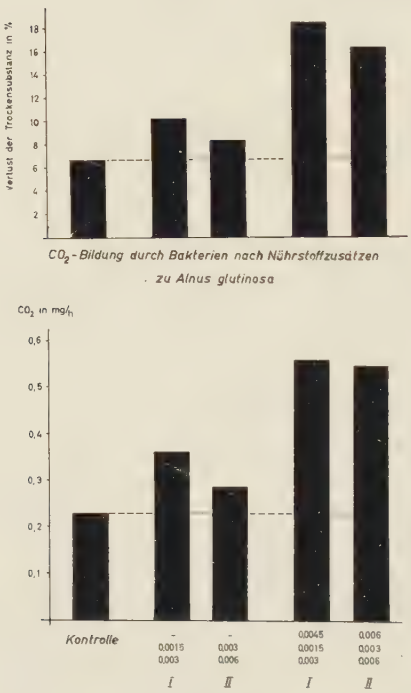

Abb. 20. Substanzverlust und CO_2-Bildung von *Alnus glutinosa* durch Bakterientätigkeit nach Nährstoffzusätzen. Nährstoffangaben in g/g Blattsubstanz; Versuchsdauer 8 Tage

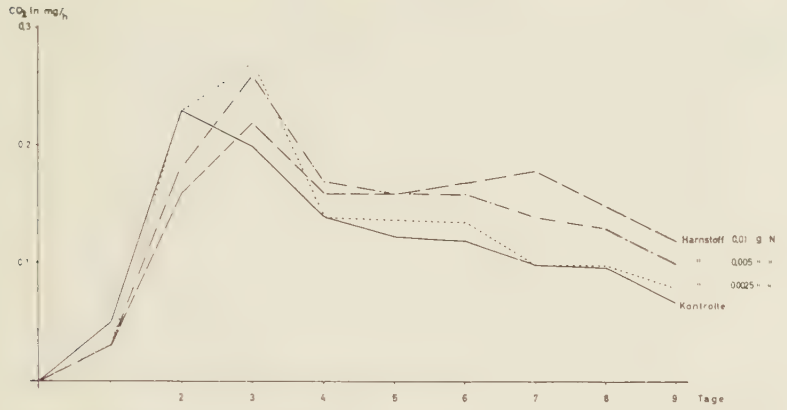

Abb. 21. CO_2-Bildung durch Bakterien nach Harnstoffzusätzen zu *Fagus silvatica*

Harnstoff- noch bei Nitratzusätzen festzustellen. Dies dürfte darauf beruhen, daß die Populationsdichte der Bakterien auf Rotbuchenblättern so gering ist, daß eine Änderung der Zersetzungsgeschwindigkeit durch Bestimmung des Substanzverlustes nicht erfaßt werden kann. P- und K-Zusätze waren bei Rotbuchenblättern ohne Wirkung auf die Zersetzungsgeschwindigkeit der Blätter, was auf der oben erwähnten geringen Populationsdichte beruhen mag.

Kalkzugaben zu Birkenblättern bewirkten zunächst einen starken Anstieg der CO_2-Menge (s. Abb. 23), wobei die hohen CO_2-Werte hauptsächlich auf die Spaltung des Kalziumkarbonats in CaO und CO_2 zurückzuführen sind.

Nach 3—4 Tagen lagen die Werte der gebildeten CO_2-Menge unter dem Kontrollwert; dabei bewirkte die Zugabe von 10 mg Kalk einen stärkeren Abfall der CO_2-Menge als die von 1 mg Kalk.

Kalkzugaben zu Rotbuchenblättern zeigten die gleiche Wirkung.

Die Hemmung der Zersetzungstätigkeit beruht nach SÜCHTING (1943) auf der anfangs auftretenden alkalischen Reaktion, die vielen Organismen schädlich ist. Sobald aber die Reaktion durch die bei dem Zersetzungsvorgang gebildeten Säuren sauer wird, tritt die günstige Wirkung der Kalkung durch Neutralisieren der Säuren ein. Kalk wirkt weniger als Nährstoff, sondern vielmehr durch die Bildung eines Puffergemisches.

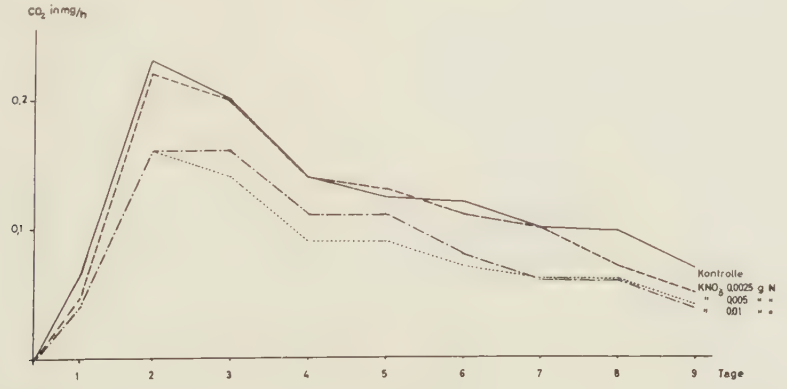

Abb. 22. CO_2-Bildung durch Bakterien nach Nitratzusätzen zu *Fagus silvatica*

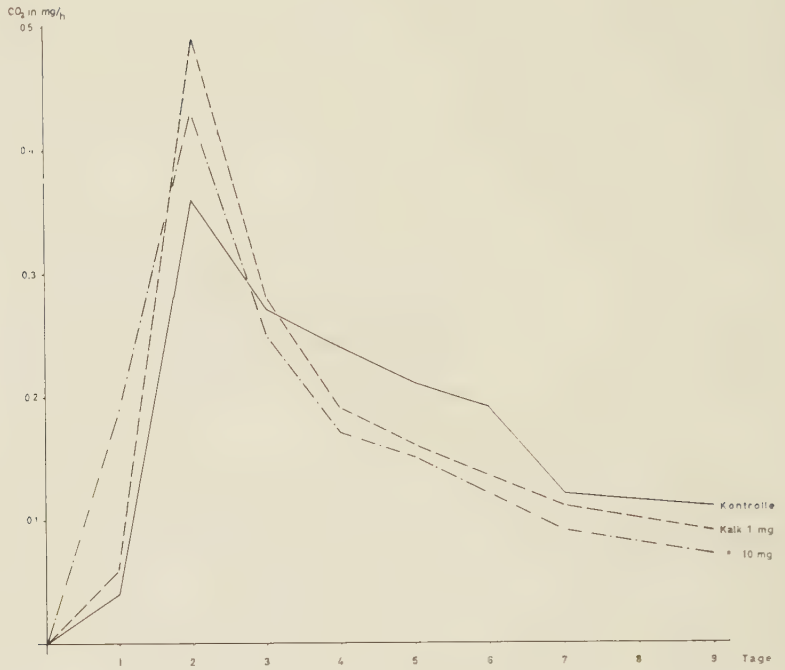

Abb. 23. CO_2-Bildung durch Bakterien nach Kalkzusätzen zu *Betula pendula*

Zusammenfassend zu den drei Versuchsreihen mit Birken-, Erlen- und Rotbuchenblättern kann gesagt werden, daß Harnstoffzusätze die Zersetzungsgeschwindigkeit aller drei Streuarten förderten. Nitratzusätze bewirkten, zunächst wenigstens, eine Hemmung der Zersetzungstätigkeit, was auf einer anfänglichen Giftwirkung der Nitrate beruhen mag. Während die Hemmwirkung bei Rotbuchenblättern auch nach 8 Tagen erhalten blieb, wurde bei Birkenblättern die Zersetzungstätigkeit der Bakterien nach 4tägiger Einwirkung der Nitratzusätze gefördert.

Im Zusammenhang mit diesen Ergebnissen seien die Untersuchungen von Stoklosa und Doerell (1926), Waksman und Tenney (1927) sowie Schmalfuss (1940) angeführt, die durch N-Düngung eine Beschleunigung des Streuabbaus erreichten. N-Zusätze sind besonders dann erforderlich, wenn die dem Boden zugeführten organischen Substanzen arm an N sind. Die Mikroorganismen, die diese zersetzen, entziehen dem Boden dabei den Nitrat-N und legen ihn in ihrem Körpereiweiß fest, so daß der Stickstoff den Pflanzen dadurch für längere Zeit nicht zur Verfügung steht. Vergleiche hierzu die Versuche über Strohdüngung von Sauerlandt und Graff (1955) sowie Hambeck (1957).

P- und K-Zusätze waren bei Rotbuche ohne Einfluß auf die Bakterientätigkeit. In gleicher Weise war auch bei Birkenblättern keine Beschleunigung der Zersetzungsgeschwindigkeit nach P-Zusätzen festzustellen, während K einen geringen Anstieg der CO_2-Menge bewirkte. K scheint danach ein notwendiger Nährstoff für die Bakterien zu sein, da sich auch einige schnell zersetzende Blattarten durch einen hohen K_2O-Gehalt auszeichnen (s. Tab. 8). Die Populationsdichte der Bakterien auf Birken- und insbesondere auf Rotbuchenblättern ist jedoch zu gering, als daß eine wesentliche Beeinflussung der Zersetzungsgeschwindigkeit innerhalb der 8tägigen Versuchsdauer zu

erwarten wäre. Bei Erlenblättern, die eine höhere Besatzdichte aufweisen, konnte dagegen durch P, K-Zusätze ein Anstieg der CO_2-Menge bewirkt werden. In gleicher Weise beobachteten Stoklosa und Doerell (1926), Waksman und Tenney (1928) sowie Schmalfuss (1940) eine Atmungssteigerung nach P-Zusätzen; K dagegen war nach Stoklosa und Doerell (1926) und Schmalfuss (1940) von geringerer Wirkung auf die Bakterientätigkeit. $CaCO_3$ wirkte sich während der nur 8tägigen Versuchsdauer nachteilig auf die CO_2-Bildung durch Bakterien aus.

II. Beeinflussung der Fraßtätigkeit der Asseln

Der Versuch, die Fraßtätigkeit der Asseln durch Düngezusätze zu steigern, ging von der Annahme aus, daß die durch Nährstoffzufuhr bewirkte Beschleunigung der Vorzersetzung der Streu durch Bakterien sich auf die Fraßmenge der Asseln positiv auswirken könnte.

Zur Bestimmung der Beeinflussung der Fraßtätigkeit der Asseln durch Nährstoffzusätze wurden die Asseln direkt und nach 4tägiger Einwirkungszeit der Nährlösungen zu den Blättern gegeben. Es wurden je 30 Asseln und 500 mg Blattsubstanz in 10 Glasschalen gebracht. Wie die angestellten Versuche ergaben, war die Fraßunlust der Asseln besonders stark gegenüber Blättern, die mit N-Salzen gedüngt waren. Birkenblätter wurden nach N-Zusätzen in Form von Harnstoff von den Asseln nur in sehr geringen Mengen angenommen. Nitratzugaben zeigten sogar Giftwirkung (s. Abb. 24). Das gleiche Ergebnis wurde nach N-Zusätzen zu Rotbuchenblättern erzielt.

Auch bei Erlenblättern wurde die Fraßtätigkeit sowohl von *Porcellio scaber* als auch von *Armadillidium vulgare* stärker gehemmt, wenn zu der P+K-Düngung noch N zugesetzt wurde. Das gleiche gilt für Birkenblätter, bei denen ebenfalls nach Zusatz von N-Salzen die Kotmenge geringer war (s. Abb. 25).

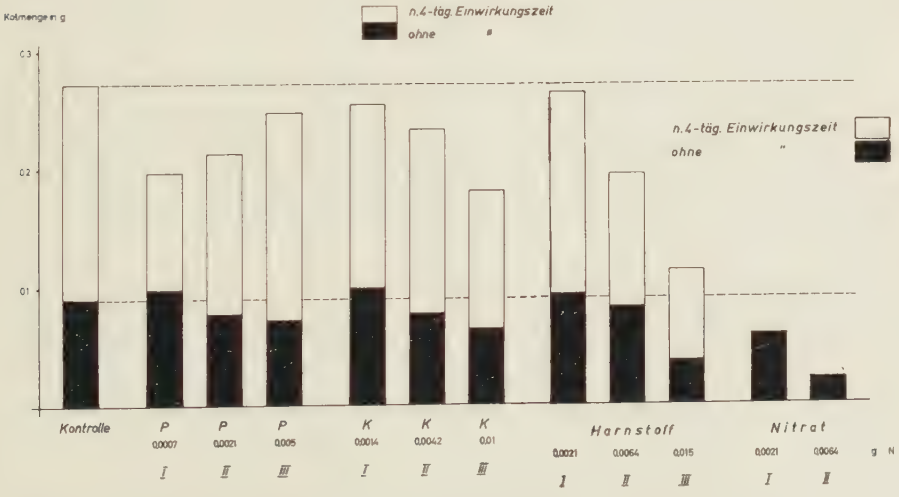

Abb. 24. Kotmengen von *Porcellio scaber* bei Verfütterung von *Betula pendula* mit Nährstoffzusätzen. Versuchsdauer jeweils 4 Tage. N-, P- und K-Angaben in g/g Blattsubstanz

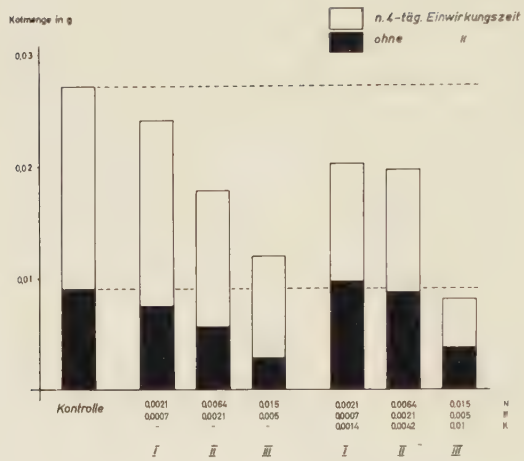

Abb. 25. Kotmengen von *Porcellio scaber* bei Verfütterung von *Betula pendula* mit Nährstoffzusätzen. Versuchsdauer jeweils 4 Tage; N+P- und N+P+K-Angaben in g/g Blattsubstanz

Ähnlich beobachtete Herbke (1955) im Dauerdüngungsversuch bei N-Zufuhr ein Absinken der Besatzdichte von Diplopoden; zu dem gleichen Ergebnis kam Land (1954) für einige Collembolenarten. Mrohs (1956) stellte in Kompostierungsversuchen bei N-Zufuhr ein Absinken der Collembolenpopulation fest. Franz (1956) schreibt bezüglich des Waldbodens, daß hohe N-Gaben wie eine Sterilisierung wirken und die Bodenfauna zurückdrängen.

Auch P- und K-Zugaben wirkten sich nachteilig auf die Fraßmenge aus, jedoch nicht so stark wie N-Zusätze (s. Abb. 24).

Die Zugabe von 1 mg und 10 mg Kalk zu je 500 mg Rotbuchenblättern war ohne Einfluß auf die Fraßtätigkeit der Asseln. Nach Untersuchungen von Pschorn-Walcher (1951) hat eine einmalige Kalkgabe zunächst einen Rückschlag der gesamten Bodenfauna zur Folge, der nach Pschorn-Walcher (1951) für einige Bodentiere mehrere Jahre dauern kann. Wittich (1949) hält in versauerten Waldböden eine Kalkung als Voraussetzung für das Leben der Bodentiere. Herbke (1955) stellte im Dikopshöfer Dauerdüngungsversuch nach Kalkzufuhr eine positive Beeinflussung der Besatzdichte von Diplopoden fest.

Jede Bodentierart kann auf eine Kalkung unterschiedlich reagieren. Da eine Kalkung des Bodens dessen pH-Wert ändert, und die Bodentiere in einem bestimmten pH-Bereich ihre optimalen Lebensbedingungen finden, können sich Kalkzugaben entweder positiv oder negativ auf die Besatzdichte der Bodentiere auswirken.

Wirft man die Frage auf, warum sich die Düngung der Blätter ungünstig auf die Fraßtätigkeit der Asseln auswirkt, so sind zwei Deutungen möglich. Einmal mag die durch Nährstoffzusätze bewirkte hohe Salzkonzentration der Blätter die Fraßtätigkeit der Asseln mindern, zum anderen kann die Nährstoffzufuhr eine spezielle Mikroflora in ihrer Vermehrung begünstigen, die dann durch die Art ihrer Umsetzungen oder ihre Stoffwechselprodukte die Fraßtätigkeit der Asseln beeinträchtigt.

Franz (1956) dagegen konnte eine positive Wirkung der PO_4-Düngung auf die Waldbodenfauna feststellen. Herbke (1955) wies in Feldversuchen bei Zugabe von P und K einen Anstieg des Diplopodenbesatzes nach. Zu dem gleichen Ergebnis kamen Mrohs (1956) und Land (1954) bei Collembolen.

Der unterschiedliche Befund mag seine Erklärung finden 1. in den verschiedenen Versuchsbedingungen im Laboratorium und im Freien, 2. in zu kurzer Einwirkungszeit der Nährlösungen auf die Blätter.

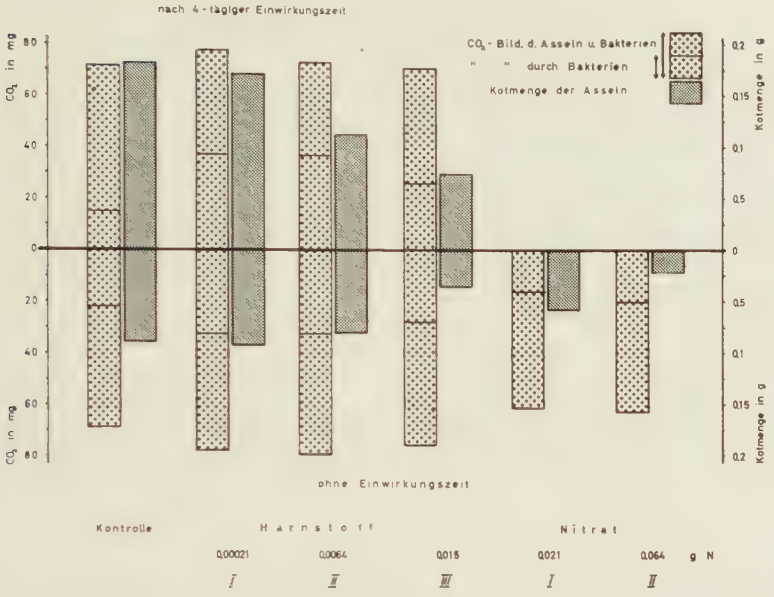

Abb. 26. CO_2-Bildung durch Bakterien, durch 30 Asseln *(Porcellio scaber)* und Bakterien sowie Kotmenge der Asseln nach Nährstoffzusätzen zu *Betula pendula* (500 mg). Versuchsdauer jeweils 4 Tage. N-Angaben in g/g Blattsubstanz. Bei Nitratzusätzen tritt nach 4tägiger Vorbehandlung der Blätter (oben) Vergiftung der Asseln ein

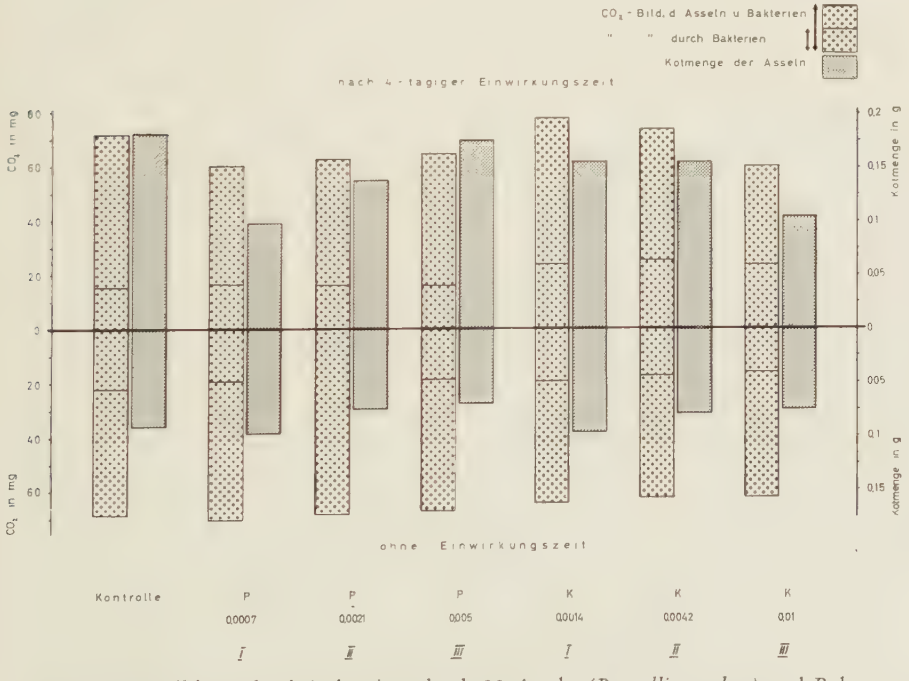

Abb. 27. CO_2-Bildung durch Bakterien, durch 30 Asseln *(Porcellio scaber)* und Bakterien sowie Kotmenge der Asseln nach Nährstoffzusätzen zu *Betula pendula* (500 mg). Versuchsdauer jeweils 4 Tage

III. Zersetzungstätigkeit von Asseln und Bakterien bei ungedüngter und gedüngter Streu

In den folgenden Versuchsreihen wurde die Wirkung der Nährstoffe auf die Zersetzung der Blätter durch Mikroorganismen *und* durch Asseln untersucht. Die Zersetzungsgeschwindigkeit wurde durch die Summe der CO_2-Produktion der Bakterien im Laub und derjenigen der zu diesem Laub gesetzten Asseln bestimmt. In den Versuchen wurden frisch gedüngte sowie durch eine 4tägige Einwirkungszeit der Nährlösungen bereits vorzersetzte Blätter verwandt. In den Abbildungen 26 bis 28, die die Zersetzungstätigkeit der Asseln und Bakterien bei ungedüngter und gedüngter Streu veranschaulichen, wurde außer der CO_2-Bildung durch Asseln und Bakterien die CO_2-Bildung durch Bakterien allein sowie die Kotmenge der Asseln aufgetragen. Vergleicht man die Geschwindigkeit der Streuzersetzung durch Asseln und Bakterien bei gedüngtem und ungedüngtem Laub, so zeigt sich, daß diese bei gedüngtem Laub z. T. größer ist, obwohl die Fraßlust der Asseln nach Nährstoffzusätzen gehemmt wird.

Harnstoffzusätze bewirkten einen Anstieg der CO_2-Menge trotz geringer Freßlust der Tiere (s. Abb. 26). Nitratzusätze dagegen hemmten die CO_2-Bildung durch Asseln und Bakterien (s. Abb. 26).

Wurde P und K Birkenblättern zugesetzt, so war bei frisch gedüngten Blättern keine wesentliche Änderung der CO_2-Menge festzustellen. Nach

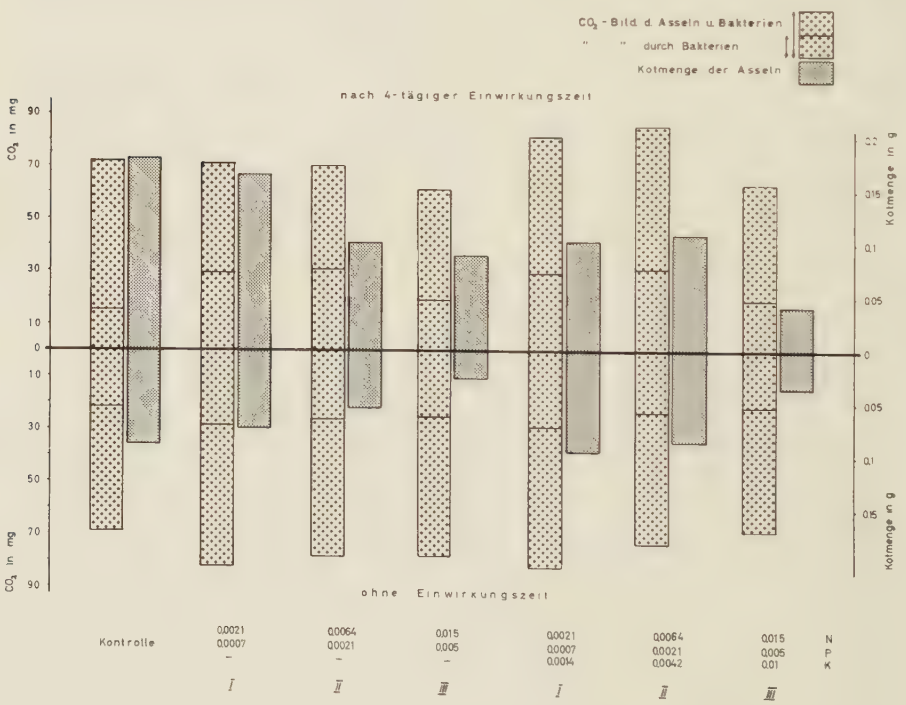

Abb. 28. CO_2-Bildung durch Bakterien, durch 30 Asseln *(Porcellio scaber)* und Bakterien sowie Kotmenge der Asseln nach Nährstoffzusätzen zu *Betula pendula* (500 mg). Versuchsdauer jeweils 4 Tage

vorheriger 4tägiger Einwirkungszeit der Nährlösungen zeigte sich bei P-Gaben in allen drei Konzentrationen eine Abnahme der CO_2-Menge, während bei K-Zusätzen nur die hohe Konzentration III die produzierte CO_2-Menge herabsetzte (s. Abb. 27).

Die CO_2-Bildung durch Asseln und Bakterien wurde bei N+P und N+P+K-Zusätzen mit Ausnahme der Konzentration III der N+P+K-Zugabe, bei frisch gedüngten Blättern gesteigert. Nach 4tägiger Einwirkungszeit der Nährlösungen bewirkten nur die N+P+K-Zugaben in den Konzentrationen I und II eine Steigerung der CO_2-Bildung (s. Abb. 28).

Bei Erlenblättern stieg die produzierte Gesamt-CO_2-Menge bei den Nährstoffzusätzen P+K und N+P+K an. Dies wurde sowohl in Versuchen mit *Armadillidium vulgare* und *Porcellio scaber* festgestellt.

Insgesamt wurde also durch künstliche Düngung die Umsetzungsgeschwindigkeit der Streu, gemessen an der CO_2-Produktion der Asseln und Bakterien, gesteigert, die Fraßtätigkeit der Asseln, gemessen an der Kotproduktion, herabgesetzt.

Zusammenfassung

Aufgabe vorliegender Arbeit war es, die quantitative Bedeutung der Fallaubfresser für die Zersetzung der Laubstreu festzustellen und Erkenntnisse über ihre Nahrungswahl sowie über eine mögliche Beeinflussung ihrer Fraßtätigkeit durch Zusatz von Nährsalzen zu gewinnen. Als typische Vertreter der Fallaubfresser wurden Asseln gewählt, und zwar die Arten: *Porcellio scaber, Armadillidium vulgare, Oniscus asellus* und *Armadillidium pallasii frontirostre.*

Gleichzeitig wurden Untersuchungen über die quantitativen Wirkungen der an den Blättern lebenden Bakterien auf die Blattzersetzung angestellt. Eindeutige Versuchsbedingungen konnten nur im Laboratorium geschaffen werden. Deshalb sind manche der Versuchsergebnisse nur unter gewissen Einschränkungen auf die freie Natur mit ihren wechselhaften Kombinationen übertragbar.

Die durchgeführten Versuche zeitigten folgende Ergebnisse:

1. Die Asseln leben in Gesellschaften. Bestimmend für den Arten- und Individuenreichtum eines Waldes an Asseln ist die Zusammensetzung seines Baumbestandes. In Erlenbrüchen sind weit mehr Asseln anzutreffen als in Birken- und Hainbuchenbeständen; und in diesen wiederum kommen die Asseln in größeren Mengen vor als in Rotbuchenwäldern. In Nadel- und Eichenwäldern sind keine Asseln zu finden.
2. *Porcellio scaber* weist in Laboratoriumsversuchen zwei Brutperioden im Jahr auf, *Armadillidium vulgare* dagegen nur eine. Die durchschnittliche Zahl der Jungtiere beträgt bei *Porcellio scaber* 30, bei *Armadillidium vulgare* 82. Die Jungtiere von *Porcellio scaber* sind nach einem Jahr fortpflanzungsfähig, die von *Armadillidium vulgare* dagegen nicht.
3. Die Fraßmenge und Atemgröße sind bei kleinen Asselarten, wie z. B. *Porcellio scaber,* bezogen auf gleiche Tierzahl, geringer, bezogen auf gleiches Körpergewicht dagegen erheblich höher als bei größeren Arten, wie z. B. *Armadillidium vulgare.*

4. Im Fütterungsversuch mit frischgefallenem Laub hat sich für *Porcellio scaber* folgende Reihe der Bevorzugung herausgestellt: Haselnuß, Erle, Birke, Pappel, Linde, Ulme, Ahorn, Weißbuche, Rotbuche, Eiche. Zellulose in Form von Filtrierpapier, ferner grüne Blätter sowie Haferflokken wurden nicht angenommen, abgefallene Koniferennadeln nur in sehr geringen Mengen.
5. Bei *Armadillidium vulgare* ist eine gewisse Abhängigkeit der Fraßmenge vom N-Gehalt der verfütterten Laubarten erkennbar; bei *Porcellio scaber* dagegen bestehen keine direkten Beziehungen zwischen der aufgenommenen Laubmenge und deren N-Gehalt.
6. Die Fraßlust der Asseln steigt mit abnehmender Festigkeit der Blätter an. Die Zartheit der Blätter ist als wichtigster Faktor bei der Nahrungsauswahl der Asseln zu betrachten. Auch ihre Vorliebe für N-reiche und vorzersetzte Blattarten beruht wesentlich auf der geringeren Härte dieser Blätter im Vergleich zu N-armen frischen Fallaubarten.
7. Die Fraßmenge der Asseln ist besonders groß bei Laub, das während einer längeren Lagerung im Freien infolge von Witterungseinflüssen und Bakterientätigkeit eine Vorzersetzung erfahren hat. Bereits eine durch viertägige Feuchtigkeitseinwirkung hervorgerufene geringe Vorzersetzung des frischen Laubes wirkt auf die Freßlust der Asseln stimulierend.
8. Bestimmte, in der Laubstreu enthaltene Geschmackstoffe wirken auf die Fraßlust der Asseln hemmend. Ahornblätter, direkt nach dem Laubfall gesammelt, bleiben trotz ihrer zarten Konsistenz von den Asseln fast unberührt. Dagegen werden vorzersetzte, im Frühjahr gesammelte Ahornblätter gerne gefressen; wahrscheinlich werden die Geschmackstoffe durch Witterungseinflüsse ausgewaschen oder sie unterliegen einer chemisch-mikrobiellen Zersetzung.
9. Der Zersetzungsgrad der Nahrung im Kot ist bei den von den Asseln bevorzugten, leicht aufschließbaren Blättern am höchsten. Mikroskopische Untersuchungen des Asselkotes haben ergeben, daß dieser unzersetzte Pflanzenreste, Mineralkörner, Bakterien und Flagellaten enthält.
10. Der N-Gehalt des Kotes ist höher als der der aufgenommenen Nahrung. Er ist nach Verfütterung von Birkenlaub niedriger als nach Verfütterung von Haselnußlaub. Der N-Verbrauch der Asseln ist gering. Er beträgt nach Verfütterung von Haselnußlaub bei 10 g von *Porcellio scaber* 15,09 % des Gesamt-N und nach Verfütterung von Birkenlaub 27,68 % des Gesamt-N der aufgenommenen Nahrung.
11. Die Atmungstätigkeit der Bakterien im Asselkot ist größer als die der Bakterien auf dem Laub, so daß durch das Fressen der Blätter deren Mineralisation gefördert wird.
12. Die vom Kot gebildete CO_2-Menge ist nach Fütterung der Asseln mit Haselnußlaub größer als nach Fütterung derselben mit Birkenlaub.
13. Die Fraßmenge der Asseln ist bei Blättern, die mit N-Salzen gedüngt waren, sehr gering. Nitratzusätze zeigen sogar Giftwirkung. P- und K-Zusätze mindern ebenfalls die Fraßlust der Asseln. Das gleiche gilt für N+P und N+P+K-Zusätze. Kalkung der Blätter ist ohne Einfluß auf die Fraßmenge der Asseln.
14. Der Gewichtsverlust der Blätter durch Bakterientätigkeit ist am größten bei Ahorn- und am geringsten bei Rotbuchenlaub. In gleicher Weise liegt die Zersetzungsgeschwindigkeit, gemessen an der CO_2-Abgabe der Bakterien, bei Ahornblättern am höchsten.

15. Zwischen Zersetzungsgeschwindigkeit durch Bakterien und N-Gehalt der Laubarten besteht bei einigen Blattarten eine positive Korrelation, nicht dagegen z. B. bei *Acer* und *Ulmus*. Bei diesen Laubarten mag, ebenso wie bei *Corylus*, ihr hoher K_2O-Gehalt die Zersetzungsgeschwindigkeit fördern.
16. Die Bakterientätigkeit ist in gleicher Weise wie die Fraßtätigkeit der Asseln abhängig von der Festigkeit der Blätter und von bestimmten in diesen Blättern enthaltenen die Bakterientätigkeit hemmenden oder fördernden Stoffen.
17. N-Zugaben in Form von Harnstoff fördern die CO_2-Abgabe der Bakterien. N-Zugaben in Form von Kaliumnitrat bewirken zunächst eine Hemmung der Zersetzungstätigkeit der Bakterien. Dies mag auf einer anfänglichen Giftwirkung der Nitrate beruhen. Die Hemmwirkung bleibt nach viertägiger Einwirkung der Nitratzusätze bei Rotbuchenblättern erhalten, bei Birkenblättern dagegen wird sie aufgehoben und die Bakterientätigkeit darüber hinaus angeregt.
18. P- und K-Zusätze sind im achttägigen Versuch bei Rotbuchenblättern ohne Einfluß auf die CO_2-Produktion der Bakterien. Auch bei Birkenblättern tritt eine Beschleunigung der Zersetzungsgeschwindigkeit nach P-Zusätzen nicht ein, während K einen geringen Anstieg der erzeugten CO_2-Menge bewirkt.
19. P+K-Zusätze zu Erlenblättern erhöhen die Zersetzungstätigkeit der Bakterien. Auch durch N+P+K-Zusätze zu Erlenblättern sowie N+P- und N+P+K-Zusätze zu Birkenblättern wird die Bakterientätigkeit gefördert.
20. Kalkung der Blätter hemmt im achttägigen Versuch die Zersetzungsgeschwindigkeit derselben durch Bakterien.
21. Durch die künstliche Düngung wird insgesamt die Zersetzungsgeschwindigkeit der Streu, gemessen an der CO_2-Produktion der Asseln + Bakterien gesteigert, die Fraßtätigkeit der Asseln, gemessen an der Kotproduktion, herabgesetzt.

Summary

The object of the work was to determine the quantitative importance of litter feeders in the decomposition of leaf litter and to obtain an idea of their food selection and of the possibility of influencing their feeding activity by the addition of nutrient salts. Woodlice, *Porcellio scaber*, *Armadillidium vulgare*, *Oniscus asellus* and *Armadillidium pallasii frontirostre*, were taken as typical litter feeders.

At the same time, tests were carried out on the quantitative effect of bacteria on leaf decomposition. The following results were obtained:

A certain dependence of the amount eaten on the N content of the leaves given is only detectable in *A. vulgare*, not in *Porcellio scaber*.

The amount eaten by woodlice is particularly large with leaves which have undergone decomposition through lying outside for a long time. The slight decomposition of fresh leaves caused by 4 days exposure to moisture stimulates the animals to feed.

The inclination to feed increases with decreasing firmness of the leaves. The tenderness of the leaves must be considered the most important factor in the food selection by woodlice. Also, their preference for leaves rich in N and decomposed depends to a large extent on the lesser hardness of these compared with freshly fallen leaves poor in N.

Certain materials contained in the litter retard the inclination to feed.

The frass of woodlice differs from the food taken in in its higher N content and greater number of bacteria so that eating the leaves helps their mineralization.

Like the feeding activity of woodlice, bacterial activity is dependent on the firmness, predecomposition and food content of the leaves as well as on certain materials contained therein.

The speed of decomposition, measured by the CO_2 production of woodlice and bacteria was increased by artificial fertilization but the desire of the woodlice to feed was decreased, especially by fertilizers containing N.

Literatur

Becher, G., 1948: Beobachtungen und experimentelle Untersuchungen zur Kenntnis des Mulmbockkäfers (*Ergaster faber* L.). Ztsch. angew. Ent. **30** (zit. nach Toth, L., 1950).

Bornebusch, C. H., 1932: Das Tierleben der Waldböden. Forstwiss. Zbl., **54**, 253–266.

Brüsewitz, G., 1958: Untersuchungen über den Einfluß des Regenwurms auf Zahl, Art und Leistungen von Mikroorganismen im Boden. Dissertation Köln.

Drift, J. van der, 1951: Analysis of the animal community in a beech forst floor. Tijdschr. Ent. **94**, 1–68 (zit. nach Tischler, W., 1955).

Dudich, E., Balogh, J. und Loksa, I., 1952: Produktionsbiologische Untersuchungen über die Arthropoden der Waldböden. Acta Biol. Acad. Sci. Hungaricae, **3**, 295–317.

Dunger, W., 1958: Über die Zersetzung der Laubstreu durch die Bodenmakrofauna im Auenwald. Zool. Jahrb. **86**, 139–180.

— 1958: Über die Veränderung des Fallaubes im Darm von Bodentieren. Ztsch. Pfl., Dg. und Bodenkunde 82, 174–193.

Ergene, S., 1949: Spielen die Darmbakterien von *Calotermes flavicollis* bei der Assimilation des atmosphärischen Stickstoffs eine Rolle? Rev. Fasc. Sci. Univ. Istambul, **14** (zit. nach Toth, L., 1950).

Feher, D., 1934: Untersuchungen über die Schwankungen der Bodenatmung. Arch. f. Mikrobiologie 5, 421–435.

Fourman, K. L., 1938: Untersuchungen über die Bedeutung der Bodenfauna bei der biologischen Umwandlung des Bestandesabfalls forstlicher Standorte. Mittlg. aus Forstwirt. und Forstwiss., 9, 144–169.

Franz, H., 1942: Untersuchungen über die Bedeutung der Bodentiere für die Erhaltung und Steigerung der Bodenfruchtbarkeit. Forschungsdienst, 13, 320–333.

— 1950: Bodenzoologie als Grundlage der Bodenpflege. Akademieverlag Berlin.

— 1951: Über die Bedeutung terricoler Kleintiere für den Stickstoff- und Humushaushalt des Bodens. Bodenk. u. Pflanzenern., 55, 44–51.

— 1955: Die Bedeutung der Kleintiere für die Humusbildung. Bodenk. u. Pflanzenern., 69, 176–181.

— 1956: Walddüngung im Lichte der Bodenbiologie. Allgemeine Forstzeitschr., 26, 321–323.

—, und Leitenberger, L., 1948: Biologisch-chemische Untersuchungen über Humusbildung durch Bodentiere. Oesterr. Zool. Ztsch., 1, 498–518.

Frenzel, G., 1936: Untersuchungen über die Tierwelt des Wiesenbodens. G. Fischer, Jena.

Fritsche, H., 1934: Über Wanderungen von *Porcellio scaber*. Zool. Anzeiger, 107, 62–65.

Gere, G., 1955: The examination of the feeding biology and the humificative function of Diplopoda and Isopoda. Acta biologica Acad. Sci. Hung., 6, 257–271.

Gisin, G., 1952: Ökologische Studien über die Collembolen des Blattkomposts. Rev. Suisse Zool., 59, 543–572.

Gunhold, P., 1954: Vergleichende bodenzoologische Untersuchungen an Wald-, Wiesen- und Ackerböden im pannonischen Klimagebiet. Bodenk. u. Pflanzenern., 66, 19–29.

Hambeck, J., 1957: Verschiedene Verfahren der Strohdüngung und ihr Einfluß auf Pflanzenertrag sowie auf C- und N-Haushalt im Boden. Dissertation Bonn.
Herbke, G., 1955: Untersuchungen über das Vorkommen von Tausendfüßlern in landwirtschaftlich genutzten Böden des Dauerdungsversuches auf Dikopshof. Dissertation Bonn.
Isermeyer, H., 1952: Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Karbonate im Boden. Bodenk. u. Pflanzenern., 56, 26–38.
Kubiena, W., 1942: Die mikroskopische Humusuntersuchung. Der Forschungsdienst, Sonderheft 17, 62–70.
— 1948: Entwicklungslehre des Bodens. J. Springer, Wien.
Kühnelt, W., 1949: Ökologische Besonderheiten der Tierwelt von Landböden. XIII. Congr. intern. d. Zoologie, Paris, 562.
— 1950: Bodenbiologie. Verlag Herold, Wien.
Land, G., 1954: Die Abhängigkeit der bodenbewohnenden Collembolen von Düngung und anderen Standortfaktoren unter Dikopshöfer Verhältnissen. Dissertation Bonn.
Lindquist, B., 1941: Experimentelle Untersuchungen über die Bedeutung einiger Landmollusken für die Zersetzung der Waldstreu. Kgl. Fysiogr. Sällskapets, Lund Förhandlinger, 11, 1–16.
Lyford, W. H., 1943: The palatability of freshly fallen forest tree leaves to millipeds. Ecology, 24, 252–261.
Mangold, O., 1951: Experimente zur Analyse des chemischen Sinns des Regenwurms. I. Methode und Verhalten zu Blättern von Pflanzen. Zool. Jahrbücher, 62 (Heft 4), 442–512.
Meyer, L., 1942: Über die Entstehung und Bildung der Ton-Humuskomplexe. Forschungsdienst, Sonderheft, 17, 38–41.
— 1943: Experimenteller Beitrag zu makroskopischen Wirkungen auf Humus- und Bodenbildungen. Bodenk. u. Pflanzenern., 29, 119–140.
Mrohs, E., 1956: Die Tierbesiedlung des Kompostes bei Zusatz verschiedener anorganischer Düngemittel im Flachkompostverfahren nach P. Augustin Hessing. Dissertation Bonn.
Nommik, A., 1938: Über die Zersetzungsgeschwindigkeit gefallenen Laubes und der Koniferennadeln und über den Schwund einiger in ihnen enthaltenen Elemente. Bodenk. u. Pflanzenern., 8, 77–100.
Pschorn-Walcher, H., 1951: Rückwirkungen waldbaulicher Maßnahmen auf das Bodenleben. Allgemeine Forstzeitschrift, 6, 424–425.
Sanborn, J. R., 1926: Physiological studies of accessory and stimulating factors in certain media. Journal of Bacteriology, 12, 1–11.
Sauerlandt, W. und Graff, O., 1955: Fragen der direkten Zufuhr von Stroh zum Ackerboden. Bodenfruchtbarkeit. Beiträge, Verlag: Praxis und Forschung, Oldenburg, 16–48.
Schaller, F., 1950: Biologische Beobachtungen an humusbildenden Bodentieren, insbesondere an Collembolen. Zool. Jahrbücher, 78, 506–525.
Schmalfuss, K., 1940: Über Bodenatmung. Bodenk. u. Pflanzenern., 21/22, 442–454.
Schmidt, H., 1952: Nahrungswahl und Nahrungsverarbeitung bei Diplopoden (Tausendfüßlern). Mittlg. d. Naturw. Ver. Steiermark, 81/82, 42–66.
Stoklosa, J. und Doerell, E., 1926: Handbuch der biophysikalischen und biochemischen Durchforschung des Bodens. Berlin.
Süchting, H., 1943: Über Zersetzungs- und Humusbildungsvorgänge bei Waldstreu, Humusarten und Vergleichs- und Modellstoffen. Bodenk. u. Pflanzenern., 32, 243–295.
Thiele, H. U., 1956: Die Tiergesellschaften der Bodenstreu in den verschiedenen Waldtypen des Niederbergischen Landes. Ztsch. f. angew. Entomologie, 39 (Hft. 3), 316–367.
Tischler, W., 1955: Synökologie der Landtiere. G. Fischer Verlag, Stuttgart.
Toth, L., 1950: Beiträge zur Frage des Stickstoff-Stoffwechsels der Insekten. Annalen der landw. Hochschule Schwedens, 17, 6–16.
Ulrich, A. Th., 1933: Die Makrofauna der Waldstreu. Mittlg. Forstwirt. und Forstwiss., 4, 283–323.
Verhoeff, K. W., 1920: Zur Kenntnis der Larven des Brutsackes und der Bruten der Oniscoidea. Zool. Anzeiger, 51, 169–181.
— 1928: Diplopoda. In: Bronn, Klassen und Ordnungen des Tierreiches. Band 5, II. Abteil., 1. Teil, 86.
Volz, P., 1954: Über die Rolle der Tierwelt in Waldböden, besonders beim Abbau der Fallstreu. Bodenk. u.Pflanzenern ., 64, 230–237.
Wächtler, W., 1937: Isopoda. In: Brohmer, Ehrmann, Ulmer: Die Tierwelt Mitteleuropas, 2.
Waksman, A. und Tenney, G., 1927: The composition of natural organic materials and their decomposition in the soil: II Influence of age of plant upon the rapidity and

nature of its decomposition-Rye plants. Soil Science, 24, 317–333.
— u. — 1928: Composition of natural organic materials and their decomposition in the soil: III The influence of nature of plant upon the rapidity of its decomposition. Soil Science, 26, 155–171.
Waksman, A., 1930: Der gegenwärtige Stand der Bodenmikrobiologie und ihre Anwendung auf Bodenfruchtbarkeit. Fortschr. Naturw. Forschung N. F. (Heft 10), 1–116.
Weissenberg, H., 1944: Die Mikroorganismentätigkeit auf rohhumushaltigem Heidesand, gemessen an der CO_2-Produktion. Bodenk. u. Pflanzenern., 66, 227–239.
Will, A., 1952: Körpergröße, Körperzeiten und Energiebilanz. VI. Mittlg.: Körpergröße und O_2-Konsum bei Schaben und Asseln. Ztsch. vgl. Physiol., 34, 20–25.
Winter, A. G., 1955: Untersuchungen über Vorkommen und Bedeutung von antimikrobiellen und antiphytotischen Substanzen in natürlichen Böden. Ztsch. für Pflanzenern., Düng., Bodenk., 69, 224–233.
— 1957: Beziehungen zwischen Edaphon und Pflanze im Lichte neuerer Biocönoseforschung. Ztsch. f. Pflanzenkrankheiten u. Pflanzenschutz, 64, 407–415.
— und Bublitz, W., 1953: Untersuchungen über antibakterielle Wirkungen im Bodenwasser der Fichtenstreu. Die Naturwissenschaften, 40, 345–346.
— und Willeke, L., 1952a: Untersuchungen über Antibiotika aus höheren Pflanzen. IV. Mittlg.: Hemmstoffe im herbstlichen Laub. Die Naturwissenschaften, 39, 45–47.
— u. — 1952b: V. Mitteilung: Hemmstoffe in Blättern und Blattstreu der Gramineen. Die Naturwissenschaften, 39, 190–191.
Wittich, W., 1943: Untersuchungen über den Verlauf der Streuzersetzung auf einem Boden mit Mullzustand. II. Forstarchiv, 19 (Heft 1/2), 1–18.
— 1949: Neue Gesichtspunkte für die Kalkdüngung im Walde. Allgemeine Forstzeitschrift, 4, 341–346.
— 1952: Der heutige Stand unseres Wissens von Humus und neue Wege zur Lösung des Rohhumusproblems im Walde. Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät Universität Göttingen, 4; Frankfurt (Main).
— 1953: Untersuchungen über den Verlauf der Streuzersetzung auf einem Boden mit starker Regenwurmtätigkeit. Mittlg. der Niedersächs. Forstl. Versuchsanst., 9, 7–33.

The life history and ecology of the Short-Horned Grasshoppers, *Eyprepocnemis roseus* Uvarov (Orthoptera: Acrididae)

By K. N. Katiyar[1]

I. Introduction

Uvarov (1942) recognised *Eyprepocnemis roseus* as the first and a new species of this genus from Punjabb U. P. Dehra Dun. Both the hoppers as well as adult stages feed on various plant species. It is very common species in and around Dehra Dun and Meerut, and is found damaging nursery plants, early stages of maize, paddy and practically all species of low-growing grasses around Dehra Dun, Saharanpur and Meerut Districts.

Very little work on the life-histories of Indian Acrididae has been done on following species:

The Bombay Locust, *Patanga succinata* Linnaeus (Lefroy, 1906); The Jola or Deccan Grasshoppers, *Colemania sphenarioides* Bolivar (Colemanan, 1911; D. S. Rao, 1943); The Rice Grasshopper, *Hieroglyphus nigrorepletus* Bolivar (Roonwal, 1945); The AK Grasshopper, *Poecilocerus pictus* Fabricius (Pruthi & Nigam, 1939); the Desert Locust *Schistocerca gregaria* Forskål (several authors); *Aularches miliaris* Linnaeus (Green, 1906; Lefroy, 1909; Hingston, 1927; Hutson, 1926, 1928, 1935; Huntley, 1936; Jones, 1940; Mc Cann, 1950); *Aularches punctatus* Drury (Katiyar, 1955) and *Parahieroglyphus bilineatus* Bolivar (Katiyar, 1956).

Nothing is known about the life-cycle of *Eyprepocnemis roseus* Uvarov, except its mode of copulation (Katiyar, 1952, 1956); variation in the antennal-segments (Katiyar, 1953); study of spermathecae (Katiyar, 1956); low temperature-quiescence (Katiyar, 1956) and study of egg-pods and eggs (Katiyar, 1960). A detailed study of its life-history and ecology was done during the last six years at Dehra Dun from 1950—1956 and at Meerut from September 1958 to December 1959; and the results are presented in this paper.

Acknowledgement: The work was started in the Branch of Forest-Entomology of the Forest Research Institute, Dehra Dun, under the guidance of Dr. M. L. Roonwal, F. N. I., former Forest Entomologist, now Director, Zoological Survey of India, Calcutta, and has been completed at Meerut with some additional data collected around this District. The author is much thankful to Dr. Roonwal for his advice during the course of this work. The author also wishes to thank Dr. V. Puri, Head-Division of Botany & School of Plant Morphology for his assistance and very kindly verifying the botanical names of the food-plants.

[1] Dr. K. N. Katiyar, M. Sc., Ph. D., F. R. E. S., Department of Zoology, Meerut College, Meerut (U. P.) India.

II. Material and Breeding Technique, etc.

A large number of fully matured adults of *Eyprepocnemis roseus* were collected in the 3rd and 4th week of August, 1950 from the New Forest Estate (Dehra Dun) and its vicinity. They were caged in large glass trough, with a 8—10 Cms. thick layer of sandy-loam. Egg-pods were obtained from them from the last week of August till the end of September 1950. Later on, 44 egg-pods were kept under a 8—10 Cms. thick layer of soil (moistened with water once or twice, a week) in two earthen flower-pots with long glass chimneys which were covered with fine wire-gauze. Almost all number of hoppers hatched out in the last week of July and the 1st week of August next. The hatched hoppers were kept in four wooden cages, with fine wire-gauze sides and measuring 60 × 30 × 30 Cms. They were supplied daily with fresh tender grass available, which was kept dipping in a bottle of water. The breeding was carried out in Insectary at a room temperature of 73 F^0—92 F^0 from July to the last week of November. The average monthly temperature and humidity are given in tables 1 and 2.

Besides these cages, for observation of the duration of stages, colour, etc.; some hoppers of the 1st stage were kept individually in glass tube (15 × 3.8 Cms.) fitted with cork having muslin covered hole and fed on green grass twice a day. Not only this but in general cages after 4th moult; the male and female hoppers were strictly segregated in order to note duration of maturity in the two sexes (Table 5). Side by side with laboratory breeding, records of field observations were also recorded from July 1951 to December 1955 around Dehra Dun and also from September 1958 to December 1959 around Meerut District about forty miles from Delhi.

III. Habits and Life-History

a. Habits

The adults and hoppers of *Eyprepocnemis roseus* have always been observed segregated and fed on low growing green vegetable individually, unlike *Aularches punctatus,* which congregate in masses on tree-tops and bush tops to bask in the sun (Katiyar, 1955), hide under the low growing bushes and grasses in bright hot-days. The species occur in the long-winged or macropterous form, unlike *Parahieroglyphus bilineatus,* which occur only in short-winged or micropterous form (Katiyar, 1956). The males are active in hopping, sometimes, fly 20 to 25 metres at a stretch, while the females are comparatively not active flier. The activity of hopping in both adults as well as hoppers is much increased during the hours of sun-shine.

The males become adult early in the 6th stage while the female mature fully in 7th stage. Both adults and hoppers after 3rd stage emit a black-liquid from their mouth when caught. This liquid leaves a blackish stain on the finger tips if it is not washed away at once.

Copulation has been studied by Katiyar (1952, 1956).

Table 1

Monthly temperatures and humidity during the years 1951—1952 in the insectary-room at New Forest, Dehra Dun

Month	Range of temperature and humidity in 1951				Range of temperature and humidity in 1957			
	Temperature (oF.)		Average relative humidity (%)		Temperature (oF.)		Average relative humidity (%)	
	Maximum	Minimum	At 9,30 A.M.	At 4,30 P.M.	Maximum	Minimum	At 9,30 A.M.	At 4,30 P.M.
January	52,0–58,5	44,5–52,9	83,04	74,6	53,0–62,9	45,5–54,0	81,4	70,05
February	55,0–67,5	45,0–56,0	75,6	63,0	58,5–68,5	48,0–58,0	77,3	64,7
March	63,5–72,5	55,0–63,5	71,3	60,5	62,0–74,3	52,5–64,5	76,7	67,0
April	68,5–83,5	57,0–73,0	62,3	58,6	71,5–89,0	60,5–79,0	68,3	56,1
May	79,0–92,0	67,0–85,0	60,0	46,3	82,0–96,5	72,0–87,5	62,9	55,3
June	80,0–94,5	73,0–89,5	57,6	49,7	80,0–94,9	72,0–87,0	76,8	68,8
July	81,5–90,5	74,0–84,0	76,5	75,9	80,0–87,5	74,0–80,5	87,3	79,5
August	76,5–84,9	73,9–79,0	87,1	84,5	78,5–85,5	74,5–78,5	90,5	89,4
September	76,5–84,5	70,5–77,5	84,3	80,5	81,0–84,0	70,5–76,5	85,6	78,5
October	74,5–80,5	64,0–73,0	81,4	74,2	69,0–80,5	60,0–71,5	77,2	70,8
November	61,5–73,5	52,3–62,0	80,1	70,5	60,9–74,5	49,5–60,5	74,7	65,8
December	56,3–62,8	47,0–55,0	87,08	77,3	55,0–63,5	45,5–52,0	75,0	68,9

Table 2

Monthly temperatures and humidity during the year 1951—1952 in the field at New Forest, Dehra Dun

Month	Range of temperature and humidity in 1951						Range of temperature and humidity in the year 1952					
	Temperature (oF.)		Relative Humidity at 8 A.M. (in %)				Temperature (oF.)		Relative Humidity at 8 A.M. (in %)			
	Maximum	Minimum	Temp. of the day (corrected & averaged)	Maxi-mum	Mini-mum	Average	Maximum	Minimum	Temp. of the day (corrected & averaged)	Maxi-mum	Mini-mum	Average
January	53,8– 71,6	36,6–48,5	53,3	59,5	49,7	63	53,0– 75,6	39,7–54,0	56,6	96	46	70,0
February	61,0– 82,0	37,8–52,8	57,5	63,5	50,7	49	63,0– 83,0	44,0–55,5	61,4	86	44	64,1
March	69,0– 88,0	47,2–58,5	65,1	93	27	41	66,0– 84,9	46,2–58,3	64,7	97	35	62,2
April	78,1– 97,2	48,0–67,7	71,6	54	18	31,2	78,0–101,3	52,6–73,0	79,7	69	25	39,9
May	86,8–106,4	56,6–77,0	80,8	90	15	33,7	85,9–108,0	64,0–73,1	83,3	90	19	39,4
June	87,0–108,3	63,5–84,0	84,5	59	19	37,5	81,8–106,0	66,0–82,0	82,3	95	29	61,9
July	81,0– 99,0	68,2–78,0	81,6	98	60	69,8	83,0– 94,0	70,0–76,8	80,7	98	73	85,9
August	81,0– 93,7	70,7–78,8	79,9	100	59	82,9	76,5– 92,2	72,6–76,8	78,8	100	73	90,3
September	79,0– 93,0	66,6–74,9	70,3	93	61	74,7	84,7– 93,2	63,6–73,7	76,7	98	58	72,4
October	84,3– 92,0	56,7–77,0	74,9	86	47	62,0	83,0– 90,2	53,2–67,0	72,1	68	37	53,7
November	69,0– 84,4	45,5–70,8	64,9	90	42	60,9	77,2– 88,4	42,5–59,0	63,2	62	37	51,6
December	67,8– 75,8	40,7–51,1	58,0	80	53	67,7	65,7– 76,0	39,0–50,8	56,7	91	43	61,7

b. Oviposition

Oviposition was recorded from 4th week of August to last week of September in 1950; from August 25th to October 9th in 1951; from August 16th to September 30th in 1951; from August 22nd to October 21st, in 1953 and from August 15th to October 18th, in 1954. The maximum number of ovipositions were observed from 1st week of September to 3rd week of September in Insectary and from September 8th to September 30th in the fields in and around Dehra Dun and from last week of July to 3rd week of September around Meerut District.

Eight to twelve days after copulation, the females are observed in search of suitable place for oviposition. The females insert the abdomen slowly into the soil (usually little moist) and almost all the females of this species make an angle varying from about 15 to 40 with their body above the surface of the soil and from about 120 to 135 below the soil with the abdomen. The angles measured from the ventral aspect of the female.

The act of oviposition lasts usually $1^1/_2$ to $2^1/_2$ hours although in one case it lasted only for 50 minutes. After oviposition female appears sluggish and exhausted and starts feeding quickly.

Females lay eggs as many as 2 to 4 times in their life-time, they usually die after their 3rd or succeeding oviposition. The number of eggs 10 to 18 per pod, average being 1 per pod.

The egg-pods were dug out from 2.5 to 5.0 Cms., below the sandy-loam in the Insectary cages. In fields, they were searched out 2.0 to 4.5 Cms. below the soil-surface in the damp sandy-loam along the sides of the trodden paths in the Botanical-garden of F. R. I. as well as in experimental plots along the irrigation canal in the New-Forest Estate. In Meerut District the eggs were dug out mostly along the margin of the field. Ecology of egg-pods and the study of egg-chorion has been done by KATIYAR (1960).

c. Hatching

Hatching may occur succeeding year from 3rd week of June to 2nd week of July and lasts for about 5—7 weeks. The exact period varying from year to year depending upon the weather conditions, recorded in the following years in Dehra Dun. Egg-pods obtained in the Insectary in the last week of September, 1950, hatched from June 30th to July 11th in 1951; those obtained from August to October 1951, hatched from June 14th to June 29th, in 1952; those obtained from August 14th to September 30th, in 1952; hatched from June 17th to July 2nd, in 1953; and those obtained from August 19th to October 11th, in 1953, hatched from May 28th to June 30th, in 1954. (From breeding records in Insectary at F. R. I., Dehra Dun.)

Further eggs obtained around Meerut Districts in May 1958 from fields, hatched from July 8th to August 25th, 1959 in laboratory.

d. Moultings, etc.

Eyprepocnemis roseus Uvarov undergo 5-moults in males and 6-moults in females. This was recorded in the Insectary cages (Table 5) as well as in fields around Dehra Dun and Meerut Districts.

The duration taken by each stage is as follows; 1st stage, males 10—11 days and females 6—7 days; 2nd stage, males 7 days and females 7—8 days; 3rd stage, males 6—7 days and females 7 days; 4th stage, males 8 days and females 11—14 days; 5th stage, males 11—13 days (Adult) and females 11—14 days; 6th stage, females only 8—10 days (Adult).

Thus males become adult in 6th stage and about 8—15 days earlier than the females which become adult in 7th stage.

IV. The Hopper Stages

The different stages are briefly described below: *1st Stage:* Freshly hatched nymphs pale. fuscous with some black prominent dots all over the body dorsally and pale-blackish ventrally. *Head:* Pale blackish. *Legs:* Two anterior pairs pale with black dots; the hind pair pinkish with pale linings on the outer side. *Antennae:* Blackish apically and pale basally (for fuller account see KATIYAR, 1953).

Wing-rudiments: in the meso- and meta-thorax indistinct. *Cerci:* conspicuous on the supra-anal plate which is rounded at base and tapers in both sexes. Female genital plate chitinised with rudimentary formation of a pair of bud on the eight abdominal-sternum; while males' genital plate unchitinised with a cup shaped notch at its posterior margin. Average length in male, 3.9 mm. And in females, 4.2 mm.

2nd Stage: Nymphs fuscous dorsally, pale and slightly blackish ventrally; several blackish dots more clear. *Head:* fuscous with few black dots. *Legs:* Two anterior pairs like the 1st stage but hind pair become fuscous with prominent black-dots and strips. *Wing-pads:* appear to bulge on meso-and metathorax. *Cerci* donot change in shape. Sexes more distinct, females show a pair of ovipositor valves while males' genital-plate show chitinization with a obtuse notch at the posterior margin. Average length of males, 6.1 mm; females, 7.9 mm.

3rd Stage: Nymphs more or less like 2nd stage in colour and appearance except the tips of antennae and hind-tibia which become darker than before. Rudimentary wing-pads more distinct, pointing down with indistinct venation. Subgenital plate of male well chitinised, become more rounded at the apex and protruded beyond last abdominal-segment; ovipositorvalves of female very clear. Average length of males, 11.7 mm, females, 14.20 mm.

*4th Stage: General*colour fuscous brown with small black dots dorsally, greenish pale ventrally. The hind tibia show indications of spines on both outer and inner sides, with a little brownish black; knee more or less blackish on the outer side. The rudimentary wing-pads downturned so far show directional-reversal tendency with little distinction in venation in females, while these are much raised upwards in males. Male genital plate much extended beyond the supra-anal plate though tip, raised upwards. In females valves extended of supra anal plate and tips become blackish. Average length of males, 15.4 mm; females, 17.6 mm.

5th Stage: General: colour brownish. The eyes, antennae thorax and head darker than the previous stage. The wings are fuscous upturned and developed in males; in females there are yellowish brown upturned with more

distinct venation. *Hind-tibia* show ridges of V-shaped throughout and the spines on both sides outer and inner become distinct in number usually 8 outer and 9 inner respectively. Average length of males, 17.4 mm; females, 20.8 mm.

The upturning or directional-reversal of the elytron wing-complex takes place after the 4th moult completly, *i. e*, in the 5th chronological instar, which confirms the rule 2 of Roonwal, 1945 & 1952.

6th Stage: General: colour dirty dark brown dorsally and light brown ventrally. Males become adult in this stage, wings are fully developed Hind wings pinc in colour and the elytron dirty brown with less dense veantion, nearly cover the abdominal segments dorsally. *Genitalia:* much extended beyond the supra-anal plate in both the sexes. It is rounded at base and conical at the apex in the males. Ovipositor valves well developed and become black. *Cerci:* globular and large in males than the females. Average length of the males (Adult), 18.90 mm; females, 23.6 mm.

7th Stage: General colouration of the body, antennae, head and legs remain as in the 6th stage except the individuals grow a little in size and the wings attain full length as in males in 6th stage (Adult). Valves become shiny-black.

Average length of females, 25.40 mm.

Detailed account of adults male and female also see Uvarov, 1942.

V. Food-Plants

Both hoppers and the adults feed on green foliage. They prefer leaves of maize (*Zea mays* Linn.; family *Gramineae*) and various species of grasses. They were seen cutting and eating leaves of paddy (*Oryza sativa* Linn.), brinjal (*Solanum melongena* Linn.), cabbage (*Brassica oleracea* L.), potato (*Solanum tuberosum* Linn.), tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.), tobacco (*Nicotiana tabacum* Linn.), sugar-cane (*Saccharum officinarum* Linn.), in the fields, nursery and forests around Dehra Dun and Meerut Districts.

In the Insectary cages, the hoppers and adults were given the common green grasses which were easily available. They also liked leaves of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duchesne or *C. pepo* L., family *Cucurbitaceae*), beet (*Beta vulgaris* Linn., family *Chenopodiaceae*) and tender portion of paddy leaves. Hoppers and adults also accepted moist bran when green foliage was not available.

VI. Seasonal life-history in Dehra Dun

It is not possible to generalize the seasonal-periods of various aspects like copulation, oviposition, hatching, development of the nymphal-stages etc., as they vary somewhat from year to year due to varying weather conditions. However, the following brief account will give a rough idea of the seasonal-life-history in Dehra Dun.

In field	In Insectary
1. *Copulation* (Table 3) From 30th August to 21st October (nearly 52 days); maximum from 3rd & 4th week of September.	1. *Copulation* (Table 3) From 20th August to 4th October (nearly 45 days); mostly during 2nd & 4th week of September.
2. *Oviposition* (Table 4) From August 15th to October 21st (about 67 days); maximum from September 8th to September 30th.	2. *Oviposition* (Table 4) From 3rd week August to last week September, in 1950; from August 25th to October 4th, in 1951; from August 16th to September 30th, in 1952; from August 22nd to October 21st, in 1953; and from August 15th to October 18th, in 1954. Maximum from last week of September to 3rd week of September.
3. *Hatching* From 3rd week of June to 1st week of July; maximum during 4th week of June and 1st week of July, in 1951; 3rd & 4th week of June in 1952.	3. *Hatching* From 30th June to 4th August, in 1951; from 23rd June to 17th July, in 1952; *i. e.*, from last week of June to 1st week of August. Peak-hatching: last-week of June and 1st week of July.
4. *Hopper-stages* (Available in the fields, from daily records)	4. *Hopper-stages* (Table 5) (From the breeding records)
I Stage: ♂, 4. VII. 51 to 19. VII. 51 (15 days). ♀, 2. VII. 51 to 9. VII. 51 (7 days).	*I Stage:* ♂, 30. VI. 51 to 10.—11. VII. 51 (10—11 days). ♀, 30. VI. 51 to 5. VII. 51 (5 days).
II Stage: ♂, 11. VII. 51 to 23. VII. 51 (12 days). ♀, 6. VII. 51 to 16. VII. 51 (10 days).	*II Stage:* ♂, 10—11. VII. 51 to 17—18. VII. 51 (7—8 days). ♀, 5. VII. 51 to 13—15. VII. 51 (8—10 days).
III Stage: ♂, 20. VII. 51 to 3. VIII. 51 (14 days). ♀, 16. VII. 51 to 26. VII. 51 (10 days).	*III Stage:* ♂, 17—18. VII. 51 to 24. VII. 51 (6—7 days). ♀, 13—15. VII. 51 to 21—23. VII. 51 (8—9 days).
IV Stage: ♂, 24. VII. 51 to 10. VIII. 51 (15 days). ♀, 22. VII. 51 to 12. VIII. 51 (21 days).	*IV Stage:* ♂, 24. VII. 51 to 31. VII. 51—1. VIII. 51 (7—8 days). ♀, 21—23. VII. 51 to 1—3. VIII. 51 (11 days).

V Stage:
♂, 4. VIII. 51 to 14. VIII. 51 (10 days) Adult.
♀, 4. VIII. 51 to 22. VIII. 51 (18 days).

VI Stage:
♀, 18. VIII. 51 to 25. VIII. 51 (7 days). (Only female.)

5. *Adult stage*
Males usually die off by last week of October and females by second week of November. A few are rarely noticed under hay or dried leaves even during very cold months of December and January.

V Stage:
♂, 31. VII. 51—1. VIII. 51 to 10—12. VIII. 51 (9—11 days); Adult male.
♀, 1—3. VIII. 51 to 14—16. VIII. 51 (13 days).

VI Stage:
♀, 14—16. VIII. 51 to 23—25. VIII. 51 (9 days).

5. *Adult stage*
Males mostly die off by 2nd week of October. Females survived upto 3rd week of October, in 1951; only one female lived upto November 4th, in 1952.

Table 3

Mating records in *Eyprepocnemis roseus* Uvarov during the years 1951-52 in Dehra Dun

Date	Number of mating pairs (1951) In Insectary	In field	Date	Number of mating pairs (1952) In Insectary	In field	
28. 8. 51	1	–	20. 8. 51	2	–	
29. 8. 51	1	–	24. 8. 51	1	–	
30. 8. 51	3	1	29. 8. 51	2	–	
31. 8. 51	2	2	2. 8. 51	4	1	
1. 9. 51	9	4	4. 9. 51	5	1	Mostly 2nd to 4th
4. 9. 51	8	5	6. 9. 51	7	4	week of September
7. 9. 51	12	7	11. 9. 51	9	4	in Insectary (in
14. 9. 51	17	4	16. 9. 51	10	8	breeding cages);
18. 9. 51	4	11	21. 9. 51	14	12	3rd and 4th week
20. 9. 51	2	11	22. 9. 51	11	14	of September
21. 9. 51	1	7	28. 9. 51	4	3	in field
24. 9. 51	–	2	4. 10. 51	1	3	(natural-conditions)
28. 9. 51	–	4	8. 10. 51	–	2	
1. 10. 51	–	1	12. 10. 51	–	2	
6. 10. 51	–	1	17. 10. 51	–	1	
11. 10. 51	–	1	21. 10. 51	–	1	

Table 4

Egg-laying record in *Eyprepocnemis roseus* Uvarov during the years from 1950—1954, in Dehra Dun

Number of females ovipositing (1950)			Number of females ovipositing (1951)			Number of females ovipositing (1952)			Number of females ovipositing (1953)			Number of females ovipositing (1954)		
Date	In Insectary	In field	Date	In Insectary	In field	Date	In Insectary	In field	Date	In Insectary	In field	Date	In Insectary	In field
29. 8. 50	1	1	25. 8. 51	1	–	16. 8. 52	1	–	22. 8. 53	1	1	15. 8. 54	2	1
4. 9. 50	4	1	26. 8. 51	1	–	19. 8. 52	1	–	23. 8. 53	2	–	21. 8. 54	3	–
5. 9. 50	8	2	28. 8. 51	2	–	23. 8. 52	2	1	24. 8. 53	2	–	29. 8. 54	4	–
6. 9. 50	9	1	29. 8. 51	2	1	25. 8. 52	4	2	25. 8. 53	3	2	7. 9. 54	7	2
8. 9. 50	7	4	1. 9. 51	–	3	29. 8. 52	3	1	27. 8. 53	1	1	11. 9. 54	8	4
9. 9. 50	6	4	3. 9. 51	8	–	6. 9. 52	11	4	28. 8. 53	4	–	20. 9. 54	11	5
12. 9. 50	11	3	4. 9. 51	1	1	9. 9. 52	8	2	3. 9. 53	11	4	22. 9. 54	9	4
15. 9. 50	4	4	7. 9. 51	–	2	12. 9. 52	4	2	4. 9. 53	10	6	24. 9. 54	6	11
16. 9. 50	2	4	8. 9. 51	10	4	14. 9. 52	9	11	5. 9. 53	7	–	27. 9. 54	5	9
18. 9. 50	–	7	11. 9. 51	17	15	15. 9. 52	15	21	6. 9. 53	5	2	30. 9. 54	8	10
22. 9. 50	1	7	17. 9. 51	14	12	17. 9. 52	11	14	7. 9. 53	9	4	4. 10. 54	3	7
24. 9. 50	–	3	22. 9. 51	16	14	18. 9. 52	8	9	11. 9. 53	11	7	7. 10. 54	4	5
28. 9. 50	1	–	29. 9. 51	4	9	21. 9. 52	7	11	18. 9. 53	5	17	11. 10. 54	–	1
30. 9. 50	–	2	2. 10. 51	–	4	22. 9. 52	1	5	21. 9. 53	4	14	15. 10. 54	2	2
1. 10. 50	–	1	4. 10. 51	1	4	25. 9. 52	–	2	24. 9. 53	6	7	16. 10. 54	1	–
			7. 10. 51	–	1	27. 9. 52	2	6	1. 10. 53	–	9	18. 10. 54	1	–
			9. 10. 51	–	1	29. 9. 52	1	4	5. 10. 53	1	6			
						4. 10. 52	–	1	6. 10. 53	–	3			
						7. 10. 52	–	1	11. 10. 53	–	1			
						11. 10. 52	–	2	21. 10. 53	11	2			
						19. 10. 52	–	1						
Period of maximum oviposition	4th September to 15th September	8th September to 24th September	3rd September to 29th September	8th September to 2nd October		6th September to 21st September	14th September to 4th October		28th August to 24th September	18th September to 6th October		11th September to 30th September	24th September to 7th October	

Table 5

Period taken by *Eyprepocnemis roseus* Uvarov for its development from Ist. stage hopper to adult, in the year 1951

Abbrebiations: I, nymphs isolated in tubes; G, nymphs in general cage; F, female; M, male; Number indicates nymphs under observation

Dates of hatching (1951)	Ist. stage	Period	2nd stage	Period	3rd stage	Period	4th stage	Period	5th stage	Period	6th stage (adult male)	Period	7th stage (adult male)	Total period in days
30th June (G) Male (40)	30. 6. 51 to (10. 7. 51 (11. 7. 51	10–11 days	(10. 7. 51 (11. 7. 51 to (17. 7. 51 (18. 7. 51	7–8 days	(17. 7. 51 (18. 7. 51 to 24. 7. 51	6–7 day	24. 7. 51 to (31. 7. 51 (1. 8. 51	7–8 days	(31. 7. 51 (1. 8. 51 to (10. 8. 51 (12. 8. 51	9–11 days	10. 8. 51 12. 8. 51 Adult	–	–	39–45 days
30th June (G) Female (55)	30. 6. 51 to 5. 7. 51	5 days	5. 7. 51 to (13. 7. 51 (15. 7. 51	8–10 days	(13. 7. 51 (15. 7. 51 to (21. 7. 51 (23. 7. 51	8–9 days	(21. 7. 51 (23. 7. 51 to (1. 8. 51 (3. 8. 51	11 days	(1. 8. 51 (3. 8. 51 to (14. 8. 51 (16. 8. 51	13 days	14. 8. 51 16. 8. 51 to 23. 8. 51 25. 8. 51	9 days	23. 8. 51 25. 8. 51 Adult Female	54–57 days
4th July (I) Male (2)	4. 7. 51 to 14. 7. 51	10 days	14. 7. 51 to 21. 7. 51	7 days	21. 7. 51 to 27. 7. 51	6 days	27. 7. 51 to 4. 8. 51	8 days	4. 8. 51 to 17. 8. 51	13 days	17. 8. 51 Adult Male	–	–	44 days
4th July (I) Male (2)	4. 7. 51 to 15. 7. 51	11 days	15. 7. 51 to 22. 7. 51	7 days	22. 7. 51 to 29. 7. 51	7 days	29. 7. 51 to 6. 8. 51	8 days	6. 8. 51 to 19. 8. 51	13 days	19. 8. 51 Adult Male	–	–	46 days
30th June (I) Female (2)	30. 6. 51 to 10. 7. 51	10 days	10. 7. 51 to 17. 7. 51	7 days	17. 7. 51 to 24. 7. 51	7 days	24. 7. 51 to 31. 7. 51	7 days	31. 7. 51 to 12. 8. 51	12 days	12. 8. 51 Adult Male	–	–	43 days
30th June (I) Female (2)	30. 6. 51 to 5. 7. 51	5 days	5. 7. 51 to 15. 7. 51	10 days	15. 7. 51 to 23. 7. 51	8 days	23. 7. 51 to 3. 8. 51	11 days	3. 8. 51 to 16. 8. 51	13 days	16. 8. 51 to 25. 8. 51	9 days	25. 8. 51 Adult Female	56 days

Table 6

Summary of life-cycle of 6 pairs of individuals of *Eyprepocnemis roseus* Uvarov in Insectary at Entomology Branch, New Forest, Dehra Dun in the year 1951 (From daily records & Tables 3, 4 & 5)

Pairs in (1951)	Sex	Length of Period: Hatching to Eclosion Days	Eclosion to copulation Days	Copulation to ovipisition Days	Eclosion to Death Days	Total Days	Number of pods laid	Number of eggs in consecutive egg pods
A	Male	43	16	–	28	71	–	18, 12
	Female	56	6	12	42	98	2	
B	Male	46	18	–	19	65	–	17, 14, 12, 9
	Female	55	10	11	34	89	4	
C	Male	44	17	–	40	84	–	18, 16
	Female	56	5	8	55	111	2	
D	Male	42	20	–	38	80	–	18, 14, 10
	Female	54	8	11	53	107	3	
E	Male	45	15	–	29	74	–	18, 13
	Female	55	5	9	45	100	2	
F	Male	44	21	–	30	74	–	16, 15, 12, 10
	Female	55	9	12	58	113	4	
Range of Male		43–46	15–22	–	19–40	65– 84	–	Average of Ist. laying = 17.5
Average of Male		44	18	–	30.7	74.5	–	Average 2nd. laying = 14
Range of Female		54–56	5–15	8–12	34–58	89–113	2–4	Average 3rd. laying =11.33
Average of Female		55.2	7	10.5	48.0	103	–	Average 4th. laying = 9.5
								Average of all – = 14.3

VII. Natural-Enemies

Eyprepocnemis roseus escapes detection in dirty green or in dry grasses as well as in paddy and maize fields but is readily recognised by birds and easily caught by them due to short-organs of flight. The birds, *viz*, the *Koel* (*Eudynamis scolopaceus* Linnaeus, family *Eudynaminae*): the *Nilkant* or *Sabzak* (Hindi) (Roller or Blue Jaya, *Coracius benghalensis* Linneaeus, family *Coraciidae*) and Jungle crows were observed feeding on the hoppers and adults of *E. roseus*. In the breeding cages, in laboratory, nymphs and adults were usually attacked by ants and house-lizards. These were liked by fishes when used as bait.

Summary

1. *Eyprepocnemis roseus* Uvarov (Orth., Acrididae) is most common species in and near low and high grass-lands, in gardens, forests and paddy and maize fields around Dehra Dun, Saharanpur and Meerut Districts. Its distribution is throughout India. It feeds on green foliage, paddy, maize, beet and pumpkin leaves. Nymphs and adults are not gregarious.
2. Mating takes place from 3rd week of August to 3rd week of October. Eggs are laid from August to October and hatch after six to nine months. The life-cycle is annual.
3. Usually 5-moults in males and 6-moults in females so adult male and female being 6th and 7th stage respectively.
4. The species is not hardy as it is readily recognised and attacked by birds, ants and lizards, ect.

Zusammenfassung

Eyprepocnemis roseus Uvarov (Orth., Acrididae) ist eine in Indien sehr verbreitete Art in niederen und höheren Weideländern, in Gärten, Wäldern, Reis- und Maisfeldern im Gebiet von Dehra Dun, Saharanpur und Meerut Gebieten. Die Art ist über ganz Indien verbreitet. Ihre Nahrung besteht aus grünen Blättern, Reis, Mais, Rüben und Kürbisblättern. Die Nymphen und Adulten kommen nicht in Massen vor.

Die Paarung findet von der 3. August- bis 3. Oktober-Woche statt. Die Eier werden von August bis Oktober gelegt und nach 6—9 Monaten ausgebrütet. Der Lebenszyklus ist einjährig.

Gewöhnlich finden bei den Weibchen 6 und bei den Männchen 5 Häutungen statt. Demnach sind die Weibchen nach dem 7. Stadium und die Männchen nach dem 6. Stadium voll entwickelt.

Die Art wird von Vögeln, Ameisen und Eidechsen verfolgt.

References

1. Coleman, L. c. (1911): The Jola or Deccan Grasshopper (*Colemania sphenarioides* [Bol.]) – Bull. Dept. Agric.-Mysore (Ent.), Mysore, **2**, 1–43.
2. Coleman, L. C. & Kuhni Kannan, K. (1911): The Rice Grasshopper (*Hieroglyphus banian* F.). – Bull. Dept. Agric. Mysore (Ent.), Mysore, **1**, 1–52.
3. Green, E. E. (1909): The Spotted Locust (*Aularches miliaris* L.). – Cir. Roy. Bot. Gard., Ceylon, **3** (16), 227–236, 1 pl.
4. Hingston, R. W. G. (1927): The liquid-squirting habit of Oriental-Grasshoppers. – Trans. ent. Soc. Lond. (**75**), 65–68, 1 pl.
5. Huntley, C. (1936): Spotted Locust. – Trop. Agric., Peradeniya, **87** (1), 51–53.
6. Hutson, J. C. (1926): The Spotted Locust, *Aularches miliaris* L. – Yrbk. Dept. Agric. Ceylon for 1926, Peradeniya, pp. 36–44, 1 pl.
7. Hutson, J. C. (1928): Be prepared for the Spotted Locust. – Trop. Agric., Peradeniya, **70** (2), 121–122.
8. Hutson, J. C. (1935): The Spotted Locust *(A. miliaris).* – Trop. Agric., Peradeniya, **85** (2), 127–129.
9. Jones, S. (1940): A visitation of the Spotted Locust (*Aularches miliaris* L.) in Travancore. – J. Bombay nat. Hist. Soc., Bombay, **41** (3), 676–678.
10. Katiyar, K. N. (1952): A new mode of copulation in the short-horned grasshoppers *(Orthoptera: Acrididae).* – Z. angew. Ent., Berlin & Hamburg, **34** (2), 184–190, 1 pl.
11. Katiyar, K. N. (1953): Variation and post-embryonic growth in the number of antennal-segments in 3-species of short-horned grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) together with observations on the number of segments in adult Acrididae based on the collection at the Forest Research Institute, Dehra Dun. – Agra. Univ. J. Res. (Sci.), Agra, **2** (2), 331–356.
12. Katiyar, K. N. (1955): Ecology and life-history of *Aularches punctatus* Drury a Northern Spotted Grasshopper (Orthoptera: Acrididae). – Agra Univ. J. Res. (Sci.), Agra, **4** (2), 397–414, 1 pl.
13. Katiyar, K. N. (1956): The life-history and ecology of the short-horned grasshopper, *Parahieroglyphus bilineatus* Bolivar (Orthoptera: Acrididae). – Agra Univ. J. Res. (Sci.), Agra, **51** (1), 179–192, 1 pl.
14. Katiyar, K. N. (1956): Modes of copulation in short-horned grasshoppers (Orthoptera: Acrididae). – J. Bombay nat. Hist. Soc., Bombay, **53** (4), 644–668, 1 pl.
15. Katiyar, K. N. (1956): On variation in the spermathecae of some Indian grasshoppers (Orthoptera:Acrididae). – J. Zoo. Soc., India, New-Delhi, **8** (1), 35–42.
16. Katiyar, K. N. (1956): Some observation on low temperature-quiescence in short-horned grasshoppers (Orthoptera: Acrididae). – Proc. Zool. Soc. Bengal, Calcutta, **9** (2), 111–113.
17. Katiyar, K. N. (1957): Effect of Ecological conditions on the Mode of Oviposition and on the Constitution of Egg-pods among some Indian Acrididae. – Indian J. Ent., New-Delhi, 18 (3), 303.
18. Katiyar, K. N. (1960): Ecology of oviposition and the structure of Egg-pods and eggs of some Indian Acrididae. – Records of Indian Museum, Calcutta, 55 (1–4), 29–68
19. Lefroy, H. W. (1906): The Bombay Locust (*Acridium succinctum* Linn.). A report on the investigation of 1903–4. – Mem. Dept. Agric. India (Ent.), Calcutta, **1** (1), 1–109.
20. Lefroy, H. W. (1909): Indian Insect Life, Calcutta. – (1; I–XII' – 1–396), pp.
21. Mc Cann, C. (1953): Aposematic insects and their food plants. – J. Bombay nat. Hist. Soc. Bombay, **51** (3), 752–754.
22. Pruthi, H. S. & Nigam, L. N. (1939): The bionomics life-history and control of the Ak grasshopper, *Poecilocerus pictus* Fab., a new pest of cultivated crops in Northern India. – Indian J. Agric. Sc., Delhi, **9**, 629–641, 2 pls.
23. Rao, D. S. (1943): Anote on the Jola Grasshopper (*Colemania-sphenarioides* Bol.) and its control during the years 1941 and 1942. – Mysore agric. J., Bangalore, **22** (1), 9–12.
24. Roonwal, M. L. (1945): Notes on the bionomics of *Hieroglyhus nigrorepletus* Bolivar (Orthoptera: Acricdidae) at Benares, United Provinces, India. – Bull. ent. Res., London, **36** (3), 339–341.

25. Roonwal, M. L. (1946): Studies in intraspecific variation. II. New rules governing the correlation between normal – and extra – moulting and directional reversal of the elytron-wing complex in the Desert-Locust and other *Acrididae (Orthoptera)*. – Indian J. Ent., New-Delhi, **7** (1–2) (1945) pp. 375–384.
26. Roonwal, M. L. (1952): Further observation on directional-changes in locusts and other short-horned grasshoppers *(Insecta: Orthoptera: Acrididae)* and the importance of the 3rd instar. – Proc. nation. Inst. Sci. India, Calcutta, **18** (3), 207–215.
27. Uvarov, B. P. (1928): Locusts & Grasshoppers. 355 p. and pls. – London (Imp. Inst. Ent.).
28. Uvarov, B. P. (1942): New *Acrididae* from India and Burma. – Ann & M ag. nat. Hist. Soc. Serj., **11** (9), 587–606, on p. 597.

Aus der Lehrkanzel für Forst- und Holzschutz der Forstlichen Fakultät der Universität Belgrad
Leiter: Prof. Dr. Svetislav Živojinović

Zur Biologie und Bekämpfung des Kleinen Pappelbockes (*Saperda populnea* L.) in Jugoslawien

Von Svetislav Živojinović

Mit 11 Abbildungen

Der kleine Pappelbock (*Saperda populnea* L.) erlangte in den letzten zehn Jahren in Jugoslawien eine große wirtschaftliche Bedeutung. Den Anstoß hierzu gab der intensive Anbau von Pappeln, vor allem in den Gebieten der Flüsse Donau, Theiss und Drau, und die unzulänglichen Maßnahmen zur Bekämpfung des Schädlings. *S. populnea* breitete sich daher von 1945 bis 1955 in allen Pappelanbaugebieten aus. In vielen von ihnen erschien der Käfer so zahlreich, daß er sehr ernste Schäden im Forstwesen Jugoslawiens verursachte. Dies machte die eingehende Bearbeitung des kleinen Pappelbocks zu einem aktuellen Problem.

Zwei weitere Umstände erforderten eine erschöpfende Untersuchung der Frage: Trotz seiner großen Verbreitung und seiner bedeutenden Schäden blieb *S. populnea* weiteren Kreisen der Fachwelt Jugoslawiens bislang ziemlich unbekannt. Vor dem 2. Weltkrieg wurde er in der forstlichen Fachliteratur nur selten erwähnt. (Španović 1931). Nach dem Kriege schenkte man ihm etwas mehr Beachtung: Mehrere Verfasser (Živojinović 1948 und 1954, Maksimović 1949 u. a.) veröffentlichten Arbeiten, in denen sie die Aufmerksamkeit der forstlichen Fachleute auf die Bedeutung der Schäden des Kleinen Pappelbockes lenkten.

Zugunsten einer eingehenden Bearbeitung von *S. populnea* sprach auch der Umstand, daß dieser Schädling unter den besonderen klimatischen Bedingungen Jugoslawiens bis jetzt noch nie untersucht wurde. Über ihn wurde nur nach den Angaben in der ausländischen Literatur geschrieben, von denen viele, besonders jene aus der Biologie, den Lebenserscheinungen von *S. populnea*, wie sie sich im Klima Jugoslawiens kundgeben, nicht entsprechen. Dies merkte man auch bei der gewöhnlichsten Kontrolle des Entwicklungszyklus.

Die Untersuchungen für diese Arbeit waren auf die Erforschung des Entwicklungszyklus, die Feststellung des Schadens und die Ausarbeitung wirksamer Maßnahmen zur Bekämpfung von *S. populnea* gerichtet.

Die Untersuchungen begannen im Jahre 1951. Die Hauptarbeiten wurden in der Ebene der Wojwodina (Volksrepublik Serbien) durchgeführt, wo

man Pappelkulturen seit 1945 anzulegen begann. Deshalb gelten die vorliegenden Ergebnisse der Untersuchungen aus der Biologie des Schädlings in erster Linie für dieses aride Gebiet. Die Arbeiten in den anderen, den Gebirgsgebieten Jugoslawiens, sind noch im Gange.

Bei der Untersuchung des Entwicklungszyklus des Kleinen Pappelbockes, insbesondere bei den Freilandarbeiten, unterstützte uns wertvoll Ing. M. Cvijović, gegenwärtig Leiter der Forstverwaltung in Raška. Bei der Durchführung der chemischen Bekämpfungsversuche war D. Tomić, Assistent der Forstwirtschaftlichen Fakultät in Beograd, wesentlich mitbeteiligt. Die Fotoaufnahmen für diese Arbeit machte Dr. K. Vasić, Dozent an der Forstwirtschaftlichen Fakultät in Beograd. Allen Genannten danke ich an dieser Stelle für die gewährte Hilfe.

Zur Methode: Die Untersuchungen wurden zu gleicher Zeit parallel im Freiland und im Laboratorium durchgeführt.

Zu den Freilandarbeiten dienten abgesonderte Versuchsflächen: Mali Rit bei Vršac (Kultur euroamerikanischer Pappeln, gemischt mit amerikanischer Esche, 137 ha groß, 3—8 Jahre alt), Crvenka (Kultur euroamerikanischer Pappeln, 5 ha groß, 18 Jahre alt), Mali und Jabučki Rit in der Pančevoer Aue (kleinere Flächen euroamerikanischer Pappeln, 3—6 Jahre alt) und Sremački Rit bei Beograd (kleinere Fläche euroamerikanischer Pappeln, 6 Jahre alt).

Um die Dauer der embryonalen Entwicklung zu ermitteln, wurde sowohl im Laboratorium als auch im Freiland eine größere Anzahl der von den Weibchen zur Eiablage angelegten hufeisenförmigen Schnitte zu bestimmten Zeitpunkten geöffnet, um das Schlüpfen der Eilarven festzustellen. Aus den erhaltenen Werten wurde der mittlere Wert der Dauer der embryonalen Entwicklung unter natürlichen und Laboratoriums-Bedingungen berechnet. Dieses Verfahren wurde wegen der großen Empfindlichkeit der Eier bei Entnahme aus Zweigproben angewandt, ebenso bei Untersuchung der Larvenentwicklung.

Diese wurde im Laboratorium an frisch eingebrachtem Material verfolgt, dessen Alter vorher festgestellt worden war. Dies geschah durch zweckentsprechendes Beschneiden der hufeisenförmigen Eifurchen und dann der gebildeten Gallen. Die bei dieser Gelegenheit beobachteten Veränderungen der Larve (Wachstum, Häutung, Verhalten usw.) nebst Datum der Feststellung wurden notiert. Es ergaben sich dabei zahlreiche Veränderungen an Eifurchen, Gallen und Fraßbild. Zur Größenermittlung von Larven, Gängen und Gallen wurden stets die mittleren Werte berechnet. Im Freiland wurde durch Untersuchung der Gallen folgendes festgestellt: das Eintreten der Larven in die Winter-Diapause, der Anfang der Frühjahrsaktivität der überwinterten Larven und der Zeitpunkt der Anlage des Flugloches.

Das Puppenstadium wurde im Laboratorium verfolgt. Beginn und Ende ließen sich durch Zucht erwachsener Larven in Petri-Schalen auf feuchtem Filterpapier ermitteln. Die Puppenentwicklung wurde ferner in angeschnittenen Gallen beobachtet, die von Zeit zu Zeit untersucht wurden, und die man mit dem dickeren (nicht angeschnittenen) Zweigende in feuchten Sand gesteckt hatte. Im Freiland (auf den Versuchsflächen) wurde durch Aufschneiden der Gallen zu bestimmten Zeitpunkten der Übergang von Larven zu Puppen und die Dauer des Stadiums der Puppe festgestellt.

Das Stadium der Imago wurde im Laboratorium und im Freiland verfolgt. In Petri-Schalen, unter ähnlichen Bedingungen wie für die Puppen, wurde das Schlüpfen der Imago, ihre Pigmentierung und Chitinisierung beobachtet. Unter Laboratoriumsbedingungen wurde ein Versuch zur Lebensdauerbestimmung der Imago ohne Nahrung (in Käfigen) ausgeführt und der Ausflug der Imago aus den befallenen Zweigen, ihre Ernährung usw. beobachtet. Im Freiland (Versuchsflächen) wurde das Schwärmen überwacht, der Sexualindex und die Eiablage mit dem Ausbau der hufeisenförmigen Eifurchen.

Das Messen der Entwicklungsstadien von *S. populnea* (des Eies, der Larvenstadien, der Puppen und Imagines), der Größe der hufeisenförmigen Eifurchen, der Größe der Gallen, des Durchmessers der befallenen Zweige, des Zentralgangs u. a. wurde mit Präzisionsmaßstab, Millimeterpapier oder Meßmikroskop ausgeführt. Die Länge der peripheren Gänge wurde wegen ihres unregelmäßigen Verlaufes (spiralförmig um die Zweige) nach dem Umfang der Zweige geschätzt.

Der Schaden von *S. populnea* wurde bei Besichtigung von Pappelpflanzungen in verschiedenen Gegenden Jugoslawiens und besonders auf den Versuchsflächen festgestellt. Im Freiland wurde ferner die Wirkung der bisherigen Bekämpfungsarten gegen den Schädling vergleichend studiert.

Die Bekämpfungsversuche mit chemischen Mitteln wurden im Laboratorium und im Freiland ausgeführt. Dabei wurde die übliche Methode der Isolation des Materials für jedes gebrauchte Mittel mit entsprechender Kontrolle unbehandelten Materials benutzt.

Lebenszyklus von Saperda populnea

Nach verschiedenen Autoren (Baer 1908, Escherich 1908, Barbey 1925, Schwerdtfeger 1947 und Postner 1954) die *S. populnea* in verschiedenen Gegenden beobachtet haben, hat *S. populnea* zweijährige Generationen. Nach unseren Untersuchungen, die in der Wojwodina durchgeführt wurden, zeigt der Lebenszyklus von *S. populnea* folgenden Verlauf:

Leben der Imago: Nach dem Schlüpfen aus der Puppe bleibt die Imago noch 3—4 Tage am Zweige (im Zentralgang). Während dieser Zeit vollzieht sich ein Teil der postmetabolen Entwicklung: Pigmentierung, Chitinisierung des Integuments und Reifung der Geschlechtsprodukte (Abb. 1). Wird die Imago zu dieser Zeit der Puppenwiege entnommen, so besitzt sie noch keine Bewegungs- und Flugfähigkeit und geht bald zugrunde.

Später nagt die Imago ein rundliches Ausflugsloch, das sich an der Galle (normal) oder seltener, am befallenen Zweig in der Nähe der Galle befindet (Abb. 2 und 3). Die Anlage des Ausflugsloches dauert etwa 30 Minuten. Sobald die Imago den Zweig verläßt, ist sie zur Nahrungsaufnahme, zu Bewegung und Flug befähigt.

Das *Schwärmen* der Imago in der Natur beginnt normalerweise gegen den 1. Mai und dauert ungefähr 20 Tage, d. h. bis zum 20. Mai. Während der ersten 10 Tage verlassen etwa 95 % der jungen Imagines die Gallen. In den Jahren mit kaltem Frühlingsanfang oder wenn nach einer kalten Periode jäh warmes Wetter eintritt, beginnt das Schwärmen etwas später, dauert aber

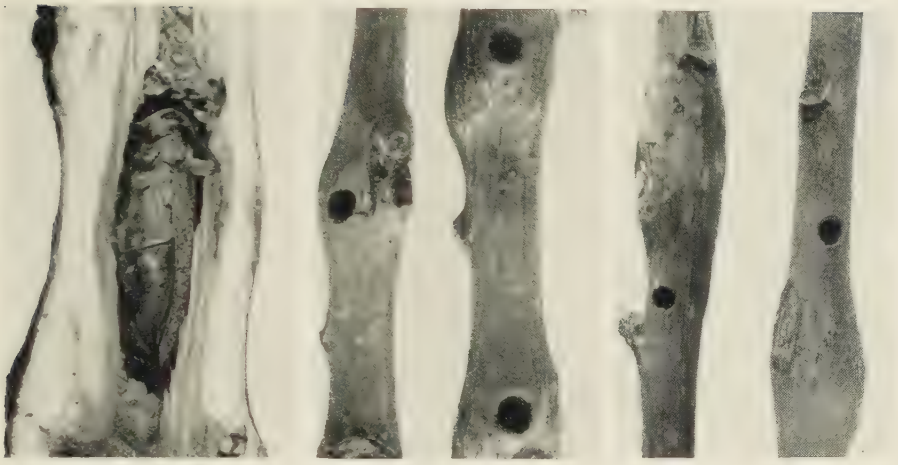

Abb. 1 (links). Imago im Zweig – *Abb. 2* (Mitte). Ausflugsloch an den Gallen – *Abb. 3* (rechts). Ausflugsloch an dem Zweig

kürzere Zeit – im ganzen zehn Tage. Bei warmem Frühlingsanfang beginnt das Schwärmen früher (in der 3. Aprildekade), dauert jedoch länger.

Mit der *Ernährung* beginnt die Imago gleich nach Verlassen des Zweiges. Sie nährt sich von Blättern und von der Rinde (nur die Weibchen) junger Pappeltriebe. Der Blattfraß in typischer Form (Abb. 4) ist ein randständiger Lochfraß. Die Schädigung am Blatt ist gering. Von 306 geprüften Blättern waren die erwähnten Schäden nur auf 26 Blättern (8,5 %) festgestellt worden, mit einem Blattmasse-Verlust von 0,3 %. Das besagt, daß die Imago durch den Fraß an Blättern den Pappeln wenig Schaden zufügt. Die Weibchen benagen die Rinde junger Zweige in Form schmaler Furchen von 1–3 cm Länge. Solche Beschädigungen haben das Absterben der Rinde und das Austrocknen des Zweiges (bei zahlreichen Fraßstellen am selben Zweig) zur Folge. Auch stellen diese Fraßstellen Eingangspforten für pathogene Mikroorganismen, Erreger ernsthafter Erkrankungen der Pappel, vor.

Abb. 4. Pappelblatt, von Imago beschädigt: in der Mitte, löcherig; unten, randständiger Lochfraß

Beim Höhepunkt des Schwärmens betrug das Verhältnis der *Geschlechter* im Freiland annähernd 1 : 1. Gegen das Ende des Schwärmens ändert sich dieses Verhältnis zugunsten der Weibchen, was mit der längeren Lebensdauer der Weibchen zusammenhängen dürfte.

Die *Begattung* findet bald nach der ersten Nahrungsaufnahme der Imagines in den Nachmittagsstunden statt; sie fängt gegen 15 Uhr an und erreicht ihren Höhepunkt um 17 Uhr. Häufig erfolgt sie auf den Blättern. Normalerweise dauert die Begattung etwa drei Stunden, doch verharren manche Paare, unter Laboratoriums-Bedingungen, in der Kopulation ausnahmsweise bis zu 15 Stunden.

Die Fruchtbarkeit von *S. populnea* ist gering: Durch Sektion einer größeren Anzahl von Weibchen, die zu Beginn des Schwärmens gefangen wurden, konnte festgestellt werden, daß die Durchschnittszahl der Eier je Weibchen 18 ausmacht. Wahrscheinlich ist sie etwas höher, da die Weibchen vor dem Fang möglicherweise schon eine gewisse Anzahl Eier abgelegt hatten.

Die *Eier* legt das Weibchen unter die Rinde von jungen Trieben, in die Mitte der hufeisenförmigen Eifurche. Sie wird von Weibchen unmittelbar vor der Eiablage in die Rinde genagt (Abb. 5). Die Dauer der Anlage des ganzen Hufeisens und der Eiablage selbst beträgt 25—30 Minuten. Im Laufe der Eiablage unterbricht das Weibchen mehrmals die Arbeit zwecks Nahrungsaufnahme. Wiederholt wurde festgestellt, daß die Weibchen oft eine größere Anzahl von hufeisenförmigen Eifurchen nagen als sie Eier ablegen.

Die hufeisenförmige *Eifurche:* Ein ausgebautes Hufeisen besteht aus einem Grübchen zur Eiablage, den 2 Seiten des Hufeisens und 3—4 Kerben in der Rindenoberfläche, welche von den Hufeisenseiten umfaßt wird (Abb. 5). Das Weibchen nagt die genannten Teile des Hufeisens in folgender Ordnung: zunächst die parallelen Furchen, dann das Grübchen zur Eiablage und schließlich die Hufeisenseiten. Die normale Lage eines ausgebauten Hufeisens ist der Zweigachse parallel, mit den Seiten gegen den dünneren Teil des Zweiges. In der Natur wurde eine kleine Anzahl von Hufeisen mit entgegengesetzt gerichteten Seiten festgestellt. Ebenso wurde eine kleine Anzahl von Hufeisen mit nur einer ausgebauten Seite (Halbhufeisen) beobachtet. Alle diese anor-

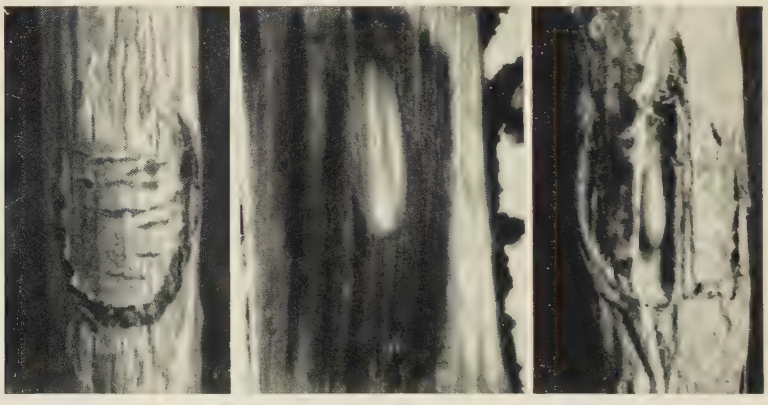

Abb. 5 (links). Das „Hufeisen" mit dem abgelegten Ei – *Abb. 6* (Mitte). Der braune Fleck um das abgelegte Ei – *Abb. 7* (rechts). Ei im geborstenen „Hufeisen"

malen Hufeisen enthielten kein Ei. Der Grund ihres mangelhaften Ausbaues blieb unklar. Die Größe der ausgebauten Hufeisen beträgt zufolge einer größeren Anzahl von Messungen: Länge 5—10 mm, Breite 4,5—6,5 mm. Der Durchmesser der Zweige mit diesen Hufeisen betrug 3,5 bis 12 mm.

Die Rolle des Hufeisens in der Fortpflanzung von *S. populnea* besteht darin, dem Weibchen zu ermöglichen, das Ei unter die Rinde einzuschieben und mit dem Ei cecidogene Wirkstoffe in das verletzte Pflanzengewebe einzuführen, die die Erzeugung von Wundkallus und damit der Galle anregen.

Während des Eistadiums entstehen an der hufeisenförmigen Furche gewisse Veränderungen. Unter der Wirkung des cecidogenen Wirkstoffs bildet

sich um das abgelegte Ei, an der Rinde und dem Splint, der sogen. braune Fleck (Abb. 6) — eine Vertiefung, entstanden durch das Absterben des Pflanzengewebes —, der dem Schutze des Eies dient. Der Fleck bewirkt, daß die Rinde zwischen den Seiten des Hufeisens ausdörrt. Vier Tage nach der Eiablage hebt sich, unter dem Einfluß der Kallusbildung die dürre Rinde zwischen den Seiten des Hufeisens. Infolge dieser Erscheinung birst eine gewisse Anzahl (4,16%) von Hufeisen und das Ei wird entblößt (Abb. 7). Es ist nicht selten, daß solche Eier austrocknen.

Der *Kallus*, den die Pflanze zwecks Schließens der entstandenen Wunde um die hufeisenförmigen Furchen bildet, dient der Larve zur Ernährung. Es wurde festgestellt, daß die befallenen terminalen Triebe am meisten Kallus bilden (an ihnen bilden sich die größten Gallen). Ebenso wurde festgestellt, daß durch sehr stark angehäuften Kallus das Ei oder die junge Larve erstikken kann. So ist Kallus zugleich Nahrung der Larve, aber auch ein Faktor der Reduktion des Schädlings (Widerstand der Pflanze).

Embryonalentwicklung: Unter Freiland-Bedingungen dauert diese 10 bis 16 Tage; unter Zimmertemperatur 7—15 Tage. Bei der Untersuchung der embryonalen Entwicklung wurde im Freiland eine große Anzahl vertrockneter Eier (40%) festgestellt. Vermutlich handelt es sich hierbei um taube Eier oder solche, die unter der direkten Besonnung des frischen Hufeisens zugrunde gingen.

Entwicklung der Larve: Das Schlüpfen der Larven beginnt unter natürlichen Bedingungen zwischen dem 15. und 20. Mai und endet gegen den 20. Juni. Das Larvenstadium dauert insgesamt etwa 10 Monate(Mitte Mai des 1. Kalenderjahres bis Ende März des 2. Kalenderjahres). Während dieser Zeit ist die Larve etwas mehr als 5 Monate aktiv, und zwar vom Schlüpfen Mitte Mai bis Mitte Oktober und etwa 10 Tage im März/April des 2. Kalenderjahres. Die Überwinterungszeit vom Oktober des 1. Kalenderjahres bis März des 2. Kalenderjahres verbringt sie in Latenz.

Das Längenwachstum der Larve zeigt keinen gleichmäßigen Verlauf. Seine Kontrolle vom Schlüpfen bis September gab folgende Mittelwerte: Eilarve 2,27 mm; 1. VI. 2,9 mm; 22. VI. 3,82 mm; 8. VII. 6,68 mm; 2. VIII. 10,21 mm und 7. IX. 13,30 mm. Die Länge von 13,30 mm stellt den Mittelwert erwachsener Larven dar. Die Larven erreichen noch im September des ersten Kalenderjahres ihre endgültige Größe und gehen vollkommen erwachsen zur winterlichen Latenz über.

Zur *Überwinterung* bereitet sich die Larve vor: Mit gröberen Spänen schließt sie den Durchgang zwischen dem Zentral- und Periphergang, wodurch sie den Raum um sich zur Überwinterung einengt. Diese Vorbereitung verrichtet sie im September und Oktober. Bald danach stellt sie den Ernährungsfraß und jede Aktivität ein. Sie überwintert im Zentralgang. Während der Latenz verliert sie etwas an Länge. Die Ruhepause unterbricht sie Ende März mit der Vorbereitung des Schlupfloches für die Imago. Hierzu nagt sie sich von der Stelle des künftigen Puppenkopfes bis zur Rinde durch. Diese bleibt zunächst als Abschluß stehen und wird erst vom schlüpfenden Käfer durchnagt. Die Verpuppung erfolgt im Zentralgang, den Kopf der Galle zugewandt, selten in der entgegengesetzten Lage.

Im Laufe der Entwicklung häutet sich die Larve dreimal. Zum erstenmal Mitte Juni (Länge nach der Häutung 3—3,5 mm), zum zweitenmal Mitte

Abb. 8. Fraßbild: a. der periphere und b. der zentrale Gang

Juli (Länge 5–6 mm) und zum drittenmal Ende August (Länge der frisch gehäuteten Larve 8–10 mm).

Fraßbild: Ein vollständig ausgebauter Larvengang setzt sich aus einem peripheren und einem zentralen Gang zusammen (Abb. 8). Der periphere Gang erstreckt sich spiralig unter der Rinde und verläuft flach im Stamm oder Zweig. Er ist von ungleicher Breite und endet mit einem schmalen Hakengang, der jählings in die Markröhre des Zweiges dringt (Anfang des zentralen Ganges). Er beginnt vom Scheitel des Hufeisens, läuft von der linken oder rechten Seite rund um den Zweig herum (in gleichem oder entgegengesetztem Uhrzeigersinn). Die Durchsicht von 329 Periphergängen ergab, daß 56% von ihnen in Richtung des Uhrzeigers verliefen, 38,6% in entgegengesetztem Uhrzeigersinn; bei 3,4% verliefen die peripheren Gänge in beiden Richtungen. Die Länge des Peripherenganges entspricht $^1/_2$ bis $^3/_4$ des Zweigumfanges. Die Larve beendet ihn Ende Juni. Auch Anomalien am peripheren Gange kommen vor. Die häufigsten waren: das Strecken rings um den ganzen Zweig herum (eine vollkommene Ringbildung um den Zweig) und das Bersten der Rinde oberhalb des peripheren Ganges. In diesen beiden Fällen kamen die Larven um.

Der Zentralgang beginnt normalerweise beim Hakendurchgang und erstreckt sich in das Mark des Zweiges. Seltener reicht er hinter die Galle (bei hoher Populationsdichte). Vollständig ausgebaut ist er 20—25 mm lang. Er dient zur Überwinterung der Larve und als Puppenwiege. Seine Anlage ist im Oktober beendet.

Galle: An den Zweigen entsteht an der Stelle, wo die Larve sich entwikkelt, hauptsächlich in der Zone des Periphergangs stets eine Galle. Sie kommt durch Bildung und Anhäufung von Kallus zustande, der anfangs weich ist, später aber verholzt. Die Galle ist langoval, doch gibt es auch Abweichungen von dieser typischen Form. Im Laufe der Untersuchung wurden oft rundliche Gallen und auch solche von unregelmäßiger Form gefunden.

Im Bereich der Galle kann es auf dem Zweige zu Wuchsanomalien kommen. Infolge der Kallushäufung entwickeln sich dort oft nachträglich Adventivknospen, deren Laub kleiner bleibt als das normale. Eine andere Anomalie ist die Bildung von *Halbgallen*, zu der es kommt, wenn in der Eifurche das Ei oder die junge Larve abstarb.

Puppenstadium: Die Verpuppung beginnt gegen den 20. 3. und ist gegen den 10. 4. abgeschlossen. Larven, die sich bis zum 10. 4. nicht verpuppten, waren parasitiert. Die letzte Häutung der Larve und die Verwandlung in die Puppe erfolgt im Zentralgang und dauert 5 Minuten. Die Puppe liegt im Zentralgang mit dem Kopf gegen die Galle. Gelegentlich liegt sie in entgegengesetzter Richtung. In diesem Fall befindet sich das Ausbohrloch des Käfers auf dem Zweige und nicht auf der Galle.

Die frisch gehäutete Puppe ist von milchweißer Farbe, doch wird sie bald gelblich. Mit der Pigmentierung beginnt sie nach 3—4 Tagen. Diese verläuft folgendermaßen: zunächst verfärben sich die Augen, dann die Gelenke der Extremitäten und zuletzt die Extremitäten und die Brustsegmente. Das Ab-

domen pigmentiert erst im Imagostadium. Sobald Kopf und Extremitäten anfangen sich schwarz zu färben, kann man das Erscheinen des Käfers in 3—4 Tagen erwarten.

Die *Dauer* des Puppenstadiums ist wesentlich von der Umgebungstemperatur abhängig. Unter natürlichen Bedingungen, bei kalter Frühjahrswitterung, dauert das Puppenstadium ungefähr 30 Tage. Bei Zimmertemperatur währt es im ganzen 12 Tage. Im Laborversuch wurde ermittelt, daß die Puppe eine Temperatur von -2^0C während 20 Tagen ohne Schaden ertragen kann.

Dauer der Gesamtentwicklung: Mehrjährige Untersuchungen ergaben, daß *S. populnea* in den ariden Gegenden Jugoslawiens eine *einjährige* Generation besitzt. Ihr Verlauf ist folgender: das Schwärmen der Imagines beginnt um den 1.5. und dauert bis zum 20.5. Die Kopula setzt gleich nach dem Schlüpfen und der ersten Nahrungsaufnahme des Käfers ein. Die Eiablage erfolgt während der Schwärmzeit. Die embryonale Entwicklung dauert 10 bis 16 Tage. Das Schlüpfen der Eilarven beginnt in der 2. Maihälfte und endet Mitte Juni. Das Larvenstadium dauert am längsten, fast 10 Monate. Es fängt Ende Mai des 1. Kalenderjahres an und endet Ende März des 2. Kalenderjahres. Die Zeit von Oktober bis Ende März verbringt die Larve in der Winterlatenz. Nach Abbruch der Latenz in der 2. Märzhälfte ist sie für kurze Zeit aktiv, um das Ausflugsloch für die Imago vorzubereiten. Im April verwandelt sie sich in eine Puppe, welches Stadium je nach der Witterung 2—4 Wochen dauert. Nach den dargelegten Angaben der Generationsentwicklung würde die *Bioformel* von *S. populnea* unter den klimatischen Bedingungen der untersuchten Gegenden Jugoslawiens lauten: $\frac{5^{am}-5^{p},\,3/4}{4+5^{am}}$

Der durch S. populnea L. verursachte Schaden:

Art der Beschädigungen: *S. populnea* ist sowohl als Imago wie als Larve schädlich. In der Schwarmzeit vollzieht die Imago einen randständigen Lochfraß am Pappellaub, und das Weibchen auch einen Fraß an der Rinde der Jungtriebe. Doch sind diese imaginalen Fraßschäden unbedeutend. Schwerwiegender sind die indirekten Schäden der Imagines. Zum Reifungsfraß benagen die Weibchen die junge Rinde, zur Eiablage nagen sie Eifurchen und beim Verlassen der Puppenwiege lassen die Imagines an den Zweigen rundliche Fluglöcher zurück. All diese Wunden an der Rinde der Zweige ermöglichen Wundenparasiten, die Erreger verschiedener gefährlicher Erkrankungen sind, das Eindringen in die Wirtspflanze: So wurde im Jahre 1956 eine Massenerkrankung der Pappelkulturen durch den Pilz *Dothichiza populnea* festgestellt, deren Infektionsanfänge an den Ausflugslöchern der Imagines lagen (Krstić, 1956).

Die Schäden durch die Larven sind bedeutend größer. Die Zweige in denen sich die Larven entwickelten, haben kein normales Wachstum: der Teil oberhalb der Galle ist dünner, das Laub an diesem Teil des Zweiges ist kleiner und von geringerer Anzahl. Infolge des peripheren Ganges ist der Zweig teilweise geringelt. Die meisten solcher Zweige brechen nach dem Ausflug der Imagines bei stärkeren Windstößen ab. Die überlebenden Zweige tragen (um den Zentralgang) Spuren von Beschädigungen an sich, die eine durch *Fusarium sp.* hervorgerufene pilzliche Erkrankung verursachte.

Die Folgen der Beschädigung bei starkem Befall (Abb. 9) durch Imagines und Larven sind: physiologische Schwächung der befallenen Zweige, Zuwachsminderung, Veränderung des Habitus (stark befallene Pflanzen bekommen wegen der gebrochenen Zweige und des Terminaltriebes und des Treibens zahlreicher Wurzelausschläge ein buschiges Aussehen (Abb. 10). Mißbildung der Zweige (die überlebenden Zweige zeigen einen unregelmäßigen Wuchs und haben gewöhnlich zahlreiche Knoten) und erhöhte Windbruchgefahr bei Jungpflanzen.

Arten der befallenen Pflanzen

S. populnea befällt alle Pappelarten. Doch zeigen sich in der Befallsstärke Unterschiede: *P. alba* und *P. nigra* wird schwächer befallen, stärker wird

Abb. 9 (links). Von *S. populnea* stark befallene junge Pappel – *Abb. 10* (rechts). Zahlreiche Wurzelschläge der Pappel als Folge eines mehrjährigen starken Befalles von *S. populnea*

P. tremula angegriffen. Als wichtigste Wirtspflanzen wurden *Populus nigra v. pyramidalis* und *P. euroamericana* festgestellt. Von letzterer befällt sie alle Rassen: *serotina, marilandica* und *robusta.* Am stärksten gefährdet ist die Varietät *robusta.* Hinsichtlich des Alters der Wirtspflanze wurde festgestellt, daß *S. populnea* alle Altersklassen befällt, doch werden 3—10jährige Pappeln deutlich bevorzugt. *S. populnea* ist daher ein *ausgesprochener Schädling* der Pappelkulturen, und zwar besonders solcher hochwertiger Arten und Varietäten. Befall an Weide wurde nur an zwei Orten festgestellt: in den Forstpflanzgärten bei Kosovska Mitrovica an *Salix viminalis* (in geringem Umfang) und in der Rugovska Klisura auf 1300 m M.H. an *Salix caprea* (in starkem Umfang).

Gradationsablauf: Die Gradationen von *S. populnea* dauern sehr lange. Auf manchen Flächen waren sie nach 6 Jahren noch nicht beendet. Der Grund

dieser langen Dauer der Gradation dürfte in dem Schutz liegen, den die Entwicklungsstadien von *S. populnea* während ihrer Entwicklung im Inneren der Zweige genießen. Auch ist die Zahl ihrer wirksamen Feinde vergleichsweise gering.

Wichtigster reduzierender Faktor ist der Buntspecht (*Dryobates* sp.). Weiterhin spielen Spinnen (eine bedeutende Anzahl von Imagines wurde in Spinnweben festgestellt), Tachinen und Schlupfwespen (in geringerem Maße), sowie Mykosen und Bakteriosen eine gewisse Rolle (regelmäßig wurde in den Zweigen ein beträchtlicher Prozentsatz an Krankheiten verendeter Larven, Puppen und Imagines gefunden).

Als interessanter reduzierender Faktor wurde die Raupe des Schmetterlings *Sciapteron tabaniformis* Rott. festgestellt. Während der Untersuchungen wurde öfters beobachtet, daß diese an sich schädliche Falterart gern in die Eifurchen von *S. populnea* ihre Eier ablegt. An vielen Orten wurden in den Gallen von *S. populnea* junge Raupen von *Sc. tabaniformis* gefunden, die durch ihre Fraßgänge regelmäßig die Larven von *S. populnea* vernichteten. Es ist ein interessanter Fall von Konkurrenz, wo ein Schädling den anderen vernichtet, doch mit der Schadwirkung fortfährt (Abb. 11). Erwähnenswert ist auch, daß *Sc. tabaniformis* fast an allen Stellen, wo *S. populnea* in großer Populationsdichte auftrat, sich ebenfalls in Gradation befand.

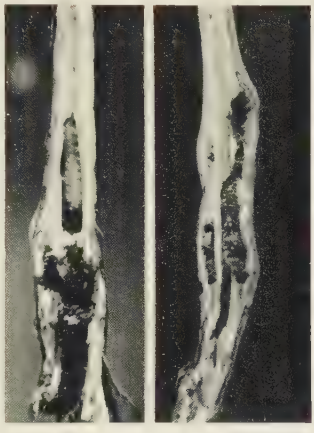

Abb. 11. Sciapteron tabaniformis als Feind von *S. populnea:* links, Raupe von *Sc. tabaniformis* in der Galle von *S. populnea;* rechts, Gang von *Sc. tabaniformis* durch zwei Gallen ausgebaut

In diesem Zusammenhang sei hervorgehoben, daß zur Zeit der Untersuchungen kein einziger der festgestellten reduzierenden Einflüsse ausreichte, um zum Zusammenbruch der Gradation von *populnea* zu führen.

Als wichtiger reduzierender Faktor von *S. populnea* wurde die Abwehrkraft der Pflanze festgestellt. Im Laufe der Untersuchungen wurde eine bedeutende Anzahl von vernichteten Eiern und jungen Larven infolge großer Anhäufung von Kallus in der Zone der hufeisenförmigen Nagestellen gefunden. Bei Anhäufung von Kallus im Zusammenwirken mit Insolation tritt auch das Bersten des Hufeisens ein, was ebenfalls zum Verenden der Larven führt.

Möglichkeiten der Bekämpfung

Die erheblichen Schäden, die der Kleine Pappelbock verursachen kann, zwingen den Pappelzüchter zu seiner ständigen Überwachung und Bekämpfung. Als Vorbeugung empfiehlt sich: richtige Auswahl der Böden, auf denen Pappelkulturen angelegt werden (auf guten Böden haben die Pflanzen größere Abwehrkraft); Pflege der angebauten Pappeln; Anbau gemischter Pappelkulturen; regelmäßige Kontrolle der Pflanzungen auf Anwesenheit von *S. populnea* und eine strenge Innenquarantäne.

Von mechanischen Bekämpfungsmethoden bewährt sich das Abschneiden und Verbrennen von Zweigen, die mit Gallen besetzt sind (auf kleineren Flächen bei Jungpflanzen), Nachzucht der Pappeln durch Resurektionshieb (auf Großflächen bei starkem Befall) und schließlich Ersatz der Pappel durch andere Holzarten in Gebieten ständiger Gefährdung durch *S. populnea*. Die Anwendung nur des mechanischen Verfahrens (Ausschneiden und Verbrennen gallenbesetzter Zweige) führte auf großen, stärker befallenen Flächen zu keinem befriedigenden Ergebnis.

Zur Vervollkommnung der Bekämpfung von *S. populnea* wurden Bekämpfungsversuche mit chemischen Mitteln durchgeführt. Richtlinie war bei diesen die Vernichtung der Imagines während des Schwärmens, vor Beginn der Eiablage. Mit ihrer Hilfe wurde versucht, die Imagines gleich nach dem Schlüpfen aus dem Zweig oder zu Beginn des Imaginalfraßes durch insektizide Berührungs- oder Fraßgifte zu vernichten. Zur Anwendung gelangten Präparate von pulveriger und von flüssiger Beschaffenheit. Von den Kontaktinsektiziden wurden solche mit nachhaltiger Dauerwirkung gewählt, die sich von der Zeit ihres Aufbringens auf die Pflanze bis zum Ende des Schwärmens — also auf etwa 20 Tage — erstrecken mußte.

Die Versuche wurden in Drahtkäfigen im Freiland durchgeführt. Hierzu wurden die mit Gallen besetzten Zweige in der dritten Aprildekade (unmittelbar vor dem Ausflug der Imagines) in feuchten Sand gesteckt und in eine den gewählten Versuchspräparaten entsprechende Anzahl von Käfigen verteilt. Ein Käfig mit unbehandelten Zweigen diente als Kontrolle. Mit dem Erscheinen der ersten Imago wurden frisch belaubte Zweige aus dem Freiland, die zuvor mit Insektiziden bespritzt oder bestäubt worden waren, in die Käfige neben die gallenbesetzten Zweige gestellt und die Käfige mit den Namen der benutzten Insektizide bezeichnet. Im Kontrollkäfig wurden die Zweige von Zeit zu Zeit unbehandelt ausgewechselt. Nach Abschluß des Versuches wurden die Käfige kontrolliert und die Wirksamkeit des Insektizides in der Lebensdauer der abgestorbenen Imagines ermittelt.

Im ganzen kamen 9 Insektizide zur Anwendung: Arsen als Fraßinsektizid, ferner als Kontakt- und zugleich Fraßinsektizid DDT, Gamexan (HCH), ein DDT × Lindangemisch und Phosphorester-Präparate. In Pulverform fanden Verwendung: Bleiarseniat, Pepein, Gamadin und Pantakan; in flüssiger Form: 1%iges Arsokol, 1%iges Pantakan, 1%iges Diditin und 0,3%iges Toxaphen. Sämtliche Präparate außer dem Toxaphen waren einheimische Produkte.

Die Versuche ergaben eine bessere Wirkung der pulverförmigen Gifte gegenüber den flüssigen. Als die besten bewährten sich Bleiarseniat (mit einer durchschnittlichen Lebensdauer der vergifteten Imagines von 2 Tagen, wobei die größte Anzahl der Imagines noch am Tage der Bestäubung dem Gift erlag), und das Präparat auf der Grundlage von Gamexan (HCH) und Gamadin (mittlere Lebensdauer der Imagines 2,1 Tage). Unter diesen zeigte das Toxaphen in 0,3%iger Konzentration die beste Wirkung. Die Lebensdauer der Imagines in den unbehandelten Kontrollen betrug 12—33 Tage.

Aus den Versuchsergebnissen ist zu schließen, daß das Prinzip der Begiftung, eine Art vorbeugender chemischer Bekämpfung, gute Ergebnisse verspricht, wenn sie gleich beim Verlassen der Gallen durch die Imagines oder nach ihrem beginnenden Reifungsfraß angewandt wird. Entscheidend ist, daß die Pflanzen rechtzeitig mit dem Insektizid bespritzt oder bestäubt werden. Der

Zeitpunkt des Schlüpfens der Imagines läßt sich durch Kontrolle des Entwicklungsstadiums der Puppe bestimmen. Ende April, sobald die Puppe den schwarzen Kopf aufweist und die Extremitätsgelenke sich dunkel verfärben, ist nach 3—4 Tagen der Ausflug der Imagines zu erwarten. Die Behandlung der Pflanzen mit Giften ist daher 3—6 Tage nach dieser Feststellung auszuführen.

Die Versuche einer *Saperda*-Bekämpfung nach dem genannten Prinzip werden fortgesetzt, um den günstigsten Wirkstoff zu ermitteln.

Zusammenfassung

Im vergangenen Jahrzehnt trat der Kleine Pappelbock *Saperda populnea* L. in vielen Gebieten Jugoslawiens, wo Pappeln angebaut werden, in solchen Massen auf, daß er sehr große Schäden anrichtete und an manchen Stellen sogar die Kultur der Wertpappeln vereitelte.

Mehrjährige Untersuchungen ergaben, daß der Kleine Pappelbock im Gebiet der Flüsse Theiß, Donau, Drau sowie auch in anderen ebenen Gegenden Jugoslawiens eine einjährige Generation besitzt. Nach diesen Untersuchungen beginnt *S. populnea* normal um den 1. Mai zu schwärmen. Das Schwärmen dauert etwa 20 Tage. Die embryonale Entwicklung währt 10—16 Tage; das Schlüpfen der Larven beginnt um den 20. Mai und endet Mitte Juni. Das Larvenstadium dauert ungefähr 10 Monate, von der zweiten Maihälfte bis Ende März des folgenden Kalenderjahres. Die Larve ist 5 Monate aktiv, die übrige Zeit verbringt sie in Winterlatenz, und zwar als vollkommen erwachsene Larve. Die Verpuppung beginnt Ende März und endet Mitte April. Das Puppenstadium dauert 2—4 Wochen. Die Imago bleibt 3—4 Tage im Zweig, ehe sie die Puppenwiege verläßt.

Gegen die Imagines, gleich nach dem Ausschlüpfen aus der Galle und während der ersten Nahrungsaufnahme, wurden Bekämpfungsversuche mit verschiedenen Insektiziden durchgeführt. Sie zeigten, daß dieses Verfahren, richtig angewandt, befriedigende Ergebnisse bringen kann.

Summary

In the last ten years, *Saperda populnea* L. has appeared in many poplargrowing areas of Jugoslavia in such numbers as to cause considerable damage and even prevent the commercial growing of this tree.

Studies over several years established that the beetle has one generation per annum in the Theiss, Danube and Drave regions and in other lowland areas of Jugoslavia. The flight period normally starts on May 1st and lasts 20 days, embryonic development takes 10—16 days, emergence of the larvae commences on May 20th and ends in the middle of June. The larval stage lasts 10 months, from the second half of May until the end of the following March; the larva is active for five months and hibernates fully fed. Pupation commences at the end of March and ends in mid April, the pupal stage lasts 2—4 weeks. The adult remains in the branch for 3 oder 4 days after emergence from the pupa.

Tests with insecticides were carried out against the adults immediately after their emergence from the galls and during their first feeding. These showed that insecticides can be successful when correctly applied.

Literatur

Baer, W., 1908: Die Flugjahre von *Saperda populnea* L., Tharandter Zoologische Miszellen. Erste Reihe N. Z. f. F., S. 510.

Barbey, A., 1925: Traite d'Entomologie, II ed., Paris.

Escherich, K., 1923: Die Forstinsekten Mitteleuropas, Bd. II, S. 260–264, Berlin.

Krstić, M., 1956: *Dothichiza* – rak ozbiljno ugrožava topolu, Šumarstvo N. 6–7, Beograd.

Maksimović, M., 1949: Mala topolina strižibuba *(Saperda populnea* L.) – Izbeštaj br. 2 Instituta za naučna istraživanja u šumarstvu Srbije, Beograd.

Postner, M., 1954: Zur Biologie und Bekämpfung des kleinen Pappelbockes *Saperda populnea* L. *(Cerambycidae)* – Z. f. ang. Entomolog., Bd. 36, H. 2, S. 156–177, Berlin.

Scheidter, F., 1917: Über die Eiablage von *Saperda populnea* L., N. Z, f. F. u. L., S. 113 bis 138, Berlin.

Schwerdtfeger, F., 1951: Pappelkrankheiten und Pappelschutz – Das Pappelbuch, Bonn.

Španović, T., 1932: Meke i ritske šume u Podunavlju, Šumarski list, Zagreb.

Živojinović, S., 1954: Mala topolina strižibuba i mali topolin staklokrilac ozbiljno ugrožavaju kulture topola u Vojvodini-Šumarstvo, Hf. 5, Beograd.

Živojinović, S., Cvijović, M., 1956: Mala topolina strižibuba *(Saperda populnea* L.) – biologija, ekologija i suzbijanje, Institut za zaštitu bilja sv. 3, Beograd.

Živojinović, S., Tomić, D., 1957: Ogledi hemijskog suzbijanja male topoline strižibube *(S. populnea* L.), Topola No 4, S. 277–288, Beograd.

Aus der Freien Universität Berlin, Berlin-Dahlem

Konstitution und Wirkung von Insektiziden

Mitt. XVI[1]: Über Konfiguration und kontakt-insektizide Wirksamkeit von Polyhalocyclohexanen und -cyclohexenen. Zur Konfigurationsspezifität des Gammexans [1e2e3e4a5a6a(Cl)][2, 3]

Von Randolph Riemschneider[4]

Mit 3 Abbildungen

Obwohl nach der Entdeckung der hervorragenden insektiziden Eigenschaften des γ-1,2,3,4,5,6-Hexachlor-cyclohexans (Gammexans) zahlreiche Polyhalocyclohexane und -cyclohexene hergestellt und auf insektizide Wirksamkeit geprüft worden sind, ist es bislang nicht gelungen, ein Cyclohexan-Substitutionsprodukt zu finden, das die Wirksamkeit des Gammexans erreicht oder gar übertrifft. Aus der Feststellung, daß nicht einmal die Stereoisomeren des Gammexans eine besondere insektizide Wirksamkeit besitzen (1, 2, 3), geht ohne weiteres hervor, daß die Sonderstellung des Gammexans mit durch seinen räumlichen Bau bedingt ist. Eine experimentelle Untersuchung der sich daraus ergebenden Frage, inwieweit sich das Gammexan in seinem räumlichen Bau von allen anderen als unwirksam erkannten Polyhalocyclohexanen bzw. -cyclohexenen unterscheidet, konnte erst erfolgen, nachdem die Konfigurationen der getesteten Polyhalocyclohexane und -cyclohexene bekannt waren.

Zu der Zeit, als die hervorragenden insektiziden Eigenschaften des Gammexans entdeckt (1) und die ersten Testversuche mit verwandten Verbindungen vorgenommen wurden (3), kannte man nur von einigen wenigen Polyhalocyclohexanen und -cyclohexenen die räumliche Lage der Halogenatome am Grundgerüst des Cyclohexansessels, z. B. von den β-Isomeren des 1,2,3, 4,5,6-Hexachlor-, -Hexabrom-, 1,1,2,3,4,4,5,6-Oktachlorcyclohexans (4). Die Konfiguration des Gammexans, die in Abb. 1 dargestellt ist, wurde 1948 festgelegt (5). In den folgenden Jahren sind mit Hilfe physikalischer Methoden (6) sowie durch Anwendung der sogenannten relativen Konfigurationsbestimmung (7) weitere Halogensubstitutionsprodukte des Cyclohexans und Cyclohexens in ihrer Konfiguration aufgeklärt worden. Mit näheren An-

[1] Frühere Mitteilungen: XV, Chem. Ber. **92**, 894 (1959); XIV, Advances in Pest Control Research, Vol. II, S. 307–350 (1958); XI und XII, Chem. Ber. **89**, 2697, 2702 (1956); X, diese Z. **38**, 105 (1955); ebenda Zitate I bis IX.

[2] Teil eines Vortrages, gehalten am 16. 2. 1959 als Antrittsvorlesung an der Freien Universität Berlin-Dahlem.

[3] Vorliegende Arbeit ist gleichzeitig Mitt. XLVI der Reihe „Zur Chemie von Polyhalocyclohexanen" als Fortsetzung der Mitt. XLV, Chem. Ber. **90**, 2713 (1957).

[4] *Anschrift für den Schriftverkehr:* Berlin-Charlottenburg 9, Bolivarallee 8.

Tabelle 1

Die Konfiguration einiger in Petrischalentesten auf kontaktinsektizide Wirksamkeit geprüfter Poly(hetero)halocyclohexane und -cyclohexene[a]

Lfd. Nr.	Summenformel	Molekulargewicht	Schmelzpunkt °C	Konfiguration (Stellung und Lage der Halogenatome am C_6-Ring)	Anzahl der a-Bindungen	Anzahl der meta-a-Stellungen	Konversionsmöglichkeit der Konfigurationen gemäß Tabelle 2	Unwirksam bei Anwendung von 1 mg/Schale gegenüber
1	$C_6H_8Cl_4$	222	125–126	1ea4ea	2	0	I⇌I	*Drosophila, Melophagus*
2	α-$C_6H_8Cl_4$	222	174	1e2e4a5a	2	0	IVa⇌IVa, IVb⇌IVb	*Calandra, Drosophila, Melophagus*
3	β-$C_6H_8Cl_4$	222	228	1e2e4e5e	0	0	II⇌III	*Calandra, Drosophila, Melophagus*
4	$C_6H_6Cl_6$	291	109–110	1ea2ea4e5e	2	0	VIa⇌VIIb, VIb⇌VIIa	*Drosophila, Melophagus*
5	α-$C_6H_6Cl_6$	291	146	1ea2e4ea5e	2	0	II⇌III	*Calliphora, Melophagus*
6	α-$C_6H_6Cl_6$	291	159	1e2e3e4e5a6a	2	0	VIa⇌VIIb, VIb⇌VIIa	*Calliphora, Melophagus*
7	β-$C_6H_6Cl_6$	291	309	1e2e3e4e5e6e	0	0	II⇌III	*Calliphora, Melophagus*
8	δ-$C_6H_6Cl_6$	291	139	1e2e3e4e5e6a	1	0	II⇌III	*Calliphora, Melophagus*
9	ε-$C_6H_6Cl_6$	291	218	1e2e3a4e5e6a	2	0	II⇌III	*Calliphora, Melophagus*
10	ζ-$C_6H_6Cl_6$	291	89	1e2e3a4e5a6a	3	1	Va⇌Vb	*Drosophila, Musca*
11	$C_6H_5Cl_7$	325	119–120	1ea2ea4ea5e	3	1	VIa⇌VIIb, VIb⇌VIIa	*Drosophila, Musca*
12	α-$C_6H_5Cl_7$	325	152	1ea2e3e4e5e6e	1	0	II⇌III	*Calandra, Melophagus*
13	γ-$C_6H_5Cl_7$	325	85	1ea2e3e4e5e6a	2	0	VIa⇌VIIb, VIb⇌VIIa	*Acanthoscelides, Calandra, Melophagus*
14	δ-$C_6H_5Cl_7$	325	140	1ea2e3e4a5a6e	3	1	VIa⇌VIIb, VIb⇌VIIa	*Acanthoscelides, Calandra, Melophagus*
15	ε-$C_6H_5Cl_7$	325	55	1ea2e3e4e5a6a	3	1	VIa⇌VIIb, VIb⇌VIIa	*Calandra, Melophagus*
16	ζ-$C_6H_5Cl_7$	325	154	1ea2e3e4a5e6e	2	0	II⇌III	*Calandra, Melophagus*
17	η-$C_6H_5Cl_7$	325	101	1ea2e3a4e5e6a	3	1	VIa⇌VIIb, VIb⇌VIIa	*Calandra, Melophagus*
18	α-$C_6H_4Cl_8$	360	150	1ea2ea3e4e5e6e	2	0	VIa⇌VIIb, VIb⇌VIIa	*Calandra, Drosophila*
19	β-$C_6H_4Cl_8$	360	102	1ea2ea3e4e5a6e	3	1	VIa⇌VIIb, VIb⇌VIIa	*Calandra, Drosophila, Musca*
20	γ-$C_6H_4Cl_8$	360	78	1ea2ea3e4e5e6a	3	1	VIa⇌VIIb, VIb⇌VIIa	*Calandra*
21	α-$C_6H_4Cl_8$	360	93	1ea2e3e4ea5e6a	3	1	VIa⇌VIIb, VIb⇌VIIa	*Acanthoscelides, Calandra, Drosophila, Melophagus*
22	β-$C_6H_4Cl_8$	360	260	1ea2e3e4ea5e6e	2	0	II⇌III	*Calandra, Drosophila, Melophagus*
23	$C_6H_3Cl_9$	394	95	1ea2ea3e4ea5e6e	3	1	VIa⇌VIIb, VIb⇌VIIa	*Calandra, Drosophila, Melophagus*
24	$C_6H_8Br_4$	400	141–142	1e2e3e4e	0	0	VIa⇌VIIb, VIb⇌VIIa	*Calandra, Melophagus, Musca*
25	α-$C_6H_8Br_4$	400	185	1e2e4a5a	2	0	IVa⇌IVa, IVb⇌IVb	*Calandra, Melophagus*
26	β-$C_6H_8Br_4$	400	218	1e2e4e5e	0	0	II⇌III	*Calandra, Melophagus*
27	α-$C_6H_6Br_6$	558	221	1e2e3e4e5a6a	2	0	VIa⇌VIIb, VIb⇌VIIa	*Calandra, Melophagus, Musca*
28	β-$C_6H_6Br_6$	558	254	1e2e3e4e5e6e	0	0	II⇌III	*Calandra, Melophagus*
29	γ-$C_6H_6Br_6$	558	> 160	1e2e3e4e5e6a	1	0	II⇌III	*Calandra, Melophagus*
30	α-$C_6H_5Br_7$	636,5	146	1ea2e3e4e5e6e	1	0	II⇌III	*Calandra, Melophagus*
31	$C_6H_{10}ClBr$	197,5	102	1e(Br)4e(Cl)	0	0	II⇌III	*Calandra, Melophagus*

32	$C_6H_8Cl_3Br$	266	118	1e(Br)1a4ea(Cl)	2	0	II ⇌ III	*Calandra, Melophagus*
33	α-$C_6H_8Cl_3Br$	266	173	1e(Br)2e4a5a(Cl)	2	0	VIa⇌VIIb, VIb⇌VIIa	*Calandra, Melophagus, Musca*
34	α-$C_6H_8Cl_2Br_2$	311	173	1e2e(Br)4a5a(Cl)	2	0	VIa⇌VIIb, VIb⇌VIIa	*Acanthoscelides, Drosophila*
35	β-$C_6H_8Cl_2Br_2$	311	242–243	1e2e(Br)4e5e(Cl)	0	0	VIa⇌VIIb, VIb⇌VIIa	*Acanthoscelides, Drosophila*
36	$C_6H_6Cl_5Br$	335	109–110	1ea2ea4e5e	2	0	VIa⇌VIIb, VIb⇌VIIa	*Melophagus, Musca*
37	$C_6H_6Cl_5Br$	335	156	1e(Br)1a2e4ea5e(Cl)	2	0	VIa⇌VIIb, VIb⇌VIIa	*Melophagus, Musca*
38	α-$C_6H_6Cl_4Br_2$	380	166	1e2e(Br)3e4e5a6a(Cl)	2	0	VIa⇌VIIb, VIb⇌VIIa	*Acanthoscelides, Drosophila*
39	β-$C_6H_6Cl_4Br_2$	380	285	1e2e(Br)3e4e5e6e(Cl)	0	0	VIa⇌VIIb, VIb⇌VIIa	*Acanthoscelides, Drosophila*
40	$C_6H_6Cl_2Br_4$	469	200	1ea2e4ea5e	2	0	II⇌III	*Calliphora, Melophagus*
41	$C_6H_6Cl_2Br_4$	469	204	1e2e3e4e(Br)5a6a(Cl)	2	0	VIa⇌VIIb, VIb⇌VIIa	*Melophagus, Musca*
42	$C_6H_5Cl_5Br_2$	415	155	ea.e.e.e.e.e[b]	1	0		*Melophagus, Musca*
43	$C_6H_5Cl_5Br_2$	415	127	ea.e.e.e.e.a[b]	2	0		*Melophagus, Musca*
44	$C_6H_5Cl_3Br_4$	503	113	ea.e.e.e.e.e[b]	1	0		*Melophagus, Musca*
45	$C_6H_5Cl_3Br_4$	503	127	ea.e.e.e.e.a[b]	2	0		*Melophagus, Musca*
46	β-$C_6H_4Cl_7Br$	404	260	1e(Br)1a2e3e4ea5e6e(Cl)	2	0	II⇌III	*Acanthoscelides, Drosophila*
47	α-$C_6H_6Cl_4$	220	31–32	3e4e5a6a	2	0	Xa⇌Xb	*Acanthoscelides, Calandra, Drosophila*
48	γ-$C_6H_6Cl_4$	220	87–88	3e4e5e6a	1	0	XIa⇌XIIb, XIb⇌XIIa	*Acanthoscelides, Calandra, Drosophila*
49	δ-$C_6H_6Cl_4$	220	52–53	3e4e5e6e	0	0	XIa⇌XIIb, XIb⇌XIIa	*Acanthoscelides, Calandra, Drosophila*
50	γ-$C_6H_5Cl_5$	254	Öl	1(e)3e4e5a6a	2	0	XIa⇌XIIb, XIb⇌XIIa	*Acanthoscelides, Calandra, Drosophila*
51	δ-$C_6H_5Cl_5$	254	68–69	1(e)3e4e5e6e	0	0	XIa⇌XIIb, XIb⇌XIIa	*Acanthoscelides, Calandra, Drosophila*
52	α-$C_6H_4Cl_6$	289	147–148	1(e)2(e)3e4e5e6e	0	0	XIa⇌XIIb, XIb⇌XIIa	*Acanthoscelides, Drosophila*
53	β-$C_6H_4Cl_6$	289	126–127	1(e)2(e)3e4a5a6e	2	0	XIa⇌XIIb, XIb⇌XIIa	*Acanthoscelides, Drosophila*
54	γ-$C_6H_4Cl_6$	289	100–101	1(e)2(e)3e4e5a6a	2	0	Xa⇌Xb	*Acanthoscelides, Drosophila*
55	C_6Cl_{10}	427	96	1(e)2(e)3ea4ea5ea6ea	4	2	Xa⇌Xb	*Acanthoscelides, Calandra, Drosophila*
				Zur Gegenüberstellung: Gammexan (Lindane)				
56	γ-$C_6H_6Cl_6$	291	113	1e2e3e4a5a6a	3	1	I⇌I	hochwirksam (1,2,3)
	γ-$C_6D_6Cl_6$	297	113	1e2e3e4a5a6a	3	1	I⇌I	hochwirksam[c]

[a] Hinsichtlich Literatur vgl. Mitt. I–XLV der Reihe „Zur Chemie von Polyhalocyclohexanen", z. B. l. c. [7–10], l. c. Fußnote 3 und Angew. Chem. **67**, 588 [1955]. Ebenda alle Zitate.

[b] der 1,1,2,3,4,5,6-Reihe.

[c] Nach eigenen unveröffentlichten Versuchen. Ebenso zeichnet sich γ-$C_6H_4D_2Cl_6$ [30,2 Atomprozent D] durch hohe Wirksamkeit aus. Vgl. Chem. Ber. **89**, 2716 [1956].

gaben über ihren räumlichen Bau haben wir in Tab. 1 eine größere Anzahl der im eigenen Laboratorium synthetisierten Polyhalocyclohexane und -cyclohexene zusammengestellt, die in Petrischalentesten *keine* kontaktinsektizide Wirksamkeit gegenüber *Acanthoscelides obtectus* Say, *Calandra granaria* L., *Calliphora erythrocephala* M., *Drosophila melanogaster* M., *Melophagus ovinus* L. und/oder *Musca domestica* L. zeigten. Um den räumlichen Bau der getesteten Verbindungen zu dem des Gammexans [1e2e3e4a 5a6a(Cl)] in Beziehung setzen zu können, haben wir ihre Konfigurationen in Tab. 1 näher charakterisiert, und zwar sowohl *statisch* als auch *dynamisch*, je nachdem, ob wir das Grundgerüst des Cyclohexans bzw. Cyclohexens als starr ansehen oder nicht: *statisch* durch Angabe der Zahl der a-gebundenen Substituenten und der meta-a-Stellungen (erläutert in Abb. 1); *dynamisch* durch die Berücksichtigung der Konversion der betreffenden Sessel-Konfigurationen (erläutert in Abb. 2 und Tab. 2). Von dieser Art der Betrachtungsweise, nämlich die Konfigurationen nicht nur statisch, sondern auch dynamisch zu betrachten, haben wir bereits bei Untersuchungen über Konfiguration und Wirkung von DDT-Analogen Gebrauch gemacht[5]. Während dort

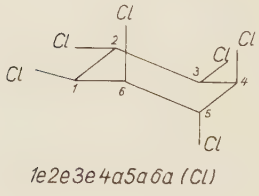

Abb. 1. Die Sessel-Konfiguration des γ-1, 2, 3, 4, 5, 6-Hexachlorcyclohexans (Gammexans).
Durch die Ziffern 1 bis 6 wird die Stellung der 6 Cl-Atome am Cyclohexanring und durch die Buchstaben e und a die Lage der Cl-Atome in bezug auf den Ring und die einzelnen C-Atome angegeben. Als e-Bindungen bezeichnet man solche, die annähernd parallel zur Hauptebene, als a-Bindungen solche, die parallel zur Hauptachse des Cyclohexanringes liegen (e von equatorial, a von axial) [7]. Vgl. auch l. c. in Tab. 3, Fußnote a. Am *Stuart-Briegleb*-Modell berühren sich die beiden a-gebundenen Cl-Atome an den C-Atomen 4 und 6 fast (meta-a-Stellung). Ein Br-haltiges Polyhalocyclohexan mit 2 Br-Atomen in meta-a-Stellung ist nicht bekannt

der Grad der „freien Drehbarkeit" der Molekülkomponenten der DDT-Analogen miteinander verglichen worden war, stellen wir bei den Polyhalocyclohexanen und -cyclohexenen fest, in welcher Beziehung die Konversionspartner ihrer Konfigurationen zueinander stehen, d. h. welche der in Tab. 2 erläuterten theoretisch denkbaren Konversionsmöglichkeiten vorliegt: Unverändert bzw. praktisch unverändert bleiben die Konversionspartner von Cyclohexan- bzw. Cyclohexen-Substitutionsprodukt-

Abb. 2. Konversion des Cyclohexan-Sessels, erläutert am Beispiel des γ-1,2-Dibrom-3,4,5,6-tetrachlorcyclohexans [1e2a(Br)3a4a5e6e(Cl)].
Bei einer gedachten Konversion des Cyclohexan-Sessels wandern die in einer Ebene liegenden C-Atome 1, 3, 5 nach oben und die in einer zweiten Ebene liegenden C-Atome 2, 4, 6 nach unten. Bei der Konversion gehen alle e- in a-Bindungen über und umgekehrt. Im gewählten Beispiel stehen die Konversionspartner im Verhältnis von Bild und Spiegelbild zueinander (in vereinfacht ebener Darstellung wäre nur eine Konfiguration zu erwarten). Mit Hilfe der Bild-Spiegelbild-Schreibweise sind die abgebildeten Konfigurationen zu bezeichnen als: 1e2a(Br)3a4a5e6e(Cl) und 1e2a(Br)3a 4a5e6e(Cl). Vgl. Z. Naturforschg. **9b**, 752 (1954) und **8b**, 704, Tab. 2 (1953)

[5] Vgl. Mitt. XII und XIV dieser Reihe, 1. c.[1] und Z. Naturforschg. **9b**, 95 (1954) sowie Chim. et Ind. (Paris) **72**, 261, 435 (1954).

Tabelle 2

Möglichkeiten für das Ergebnis einer gedachten Konversion der Konfigurationen von Cyclohexan- bzw. Cyclohexen-Substitutionsprodukten

Sessel-Konfigurationen von Cyclohexan-Substitutionsprodukten[1]

Überführung einer symmetrischen Konfiguration
1. in sich selbst:
„Körper" (I) ⇌ „Gegenkörper" (I)
2. in eine andere symmetrische Konfiguration:
„Körper" (II) ⇌ „Gegenkörper" (III)

Überführung einer asymmetrischen Konfiguration
3. in sich selbst:
„Körper" (IVa) ⇌ „Gegenkörper" (IVa) bzw.
„Körper" (IVb) ⇌ „Gegenkörper" (IVb)
4. in eine andere asymmetrische Konfiguration:
   a. „Körper" und „Gegenkörper" sind Bild und Spiegelbild des gleichen Antipodenpaares:
   „Körper" (Va) ⇌ „Gegenkörper" (Vb)
   b. „Körper" und „Gegenkörper" sind Bild und Spiegelbild verschiedener Antipodenpaare:
   „Körper" (VIa) ⇌ „Gegenkörper" (VIIb) bzw.
   „Körper" (VIb) ⇌ „Gegenkörper" (VIIa)

Konfigurationen von Cyclohexen-Substitutionsprodukten

Überführung einer asymmetrischen Konfiguration in eine andere asymmetrische Konfiguration:
   a. „Körper" und „Gegenkörper" sind Bild und Spiegelbild des gleichen Antipodenpaares:
   „Körper" (Xa) ⇌ „Gegenkörper" (Xb)
   b. „Körper" und „Gegenkörper" sind Bild und Spiegelbild verschiedener Antipodenpaare:
   „Körper" (XIa) ⇌ „Gegenkörper" (XIIb)
   „Körper" (XIb) ⇌ „Gegenkörper" (XIIa)

Konfigurationen sind durch römische Nummern, Bilder bzw. Spiegelbilder zusätzlich durch a bzw. b angegeben.

[1] Die Denkmöglichkeit, daß „Körper" und „Gegenkörper" beide Bilder bzw. beide Spiegelbilder verschiedener Antipodenpaare sind:
„Körper" (VIIIa) ⇌ „Gegenkörper" (IXa) bzw.
„Körper" (VIIIb) ⇌ „Gegenkörper" (IXb)
kommt wegen unserer speziellen Definition für Bild und Spiegelbild nicht vor. Vgl. Mitt. XXX, l. c. [7] und Mitt. XXI, l. c. [9].

ten bei Konversionsmöglichkeit I ⇌ I, IVa ⇌ IVa, IVb ⇌ IVb, Va ⇌ Vb und Xa ⇌ Xb.

Eine sorgfältige Durchsicht von Tab. 1 läßt erkennen, daß in den Konfigurationen der Polyhalocyclohexane und -cyclohexene die Zahl der e-gebundenen Substituenten fast immer wesentlich größer als die der a-gebundenen, wodurch in vielen Fällen doch verhältnismäßig „eben" gebaute Verbindungen resultieren. Im Falle des Gammexans (Abb. 1 und Tab. 1, lfd. Nr. 56) ist die Zahl der a-Bindungen ebenso groß wie die der e-Bindungen. Die dadurch erreichte besondere Verteilung der Cl-Atome im Raum kommt auch durch das hohe Dipolmoment des Gammexans zum Ausdruck (Gef.: 2,8 D). Nur wenige der getesteten Polyhalocyclohexane weisen wie das Gammexan

eine meta-a-Stellung von Cl-Atomen auf (Tab. 1, lfd. Nr. 10, 11, 14, 15, 17, 19, 20, 21, 23). Die Konfigurationen von ε-$C_6H_5Cl_7$ und γ-$C_6H_4Cl_8$ (Tab. 1, lfd. Nr. 15 und 20) kommen bei *statischer* Betrachtung der des Gammexans γ-$C_6H_6Cl_6$ verhältnismäßig nahe: sie haben ebenfalls 3 benachbarte a-Bindungen und eine meta-a-Stellung, allerdings eine bzw. zwei e-Bindungen mehr, was ein kleineres Dipolmoment zur Folge hat. In *dynamischer* Hinsicht unterscheiden sich die beiden zuletzt genannten Konfigurationen von der des Gammexans dadurch, daß sie – im Gegensatz zur e.e.e.a.a.a-Konfiguration – bei Konversion *nicht* in sich selbst übergehen. Nach Tab. 2 sind die Konversionsmöglichkeiten für ε-$C_6H_5Cl_7$ und γ-$C_6H_4Cl_8$ VIa ⇌ VIIb bzw. VIb ⇌ VIIa, für γ-$C_6H_6Cl_8$ I ⇌ I.

Also selbst die wenigen Polyhalocyclohexane, die bei *statischer* Betrachtung in ihrem räumlichen Bau dem Gammexan relativ nahekommen, besitzen keine kontakt-insektizide Wirksamkeit. Ja nicht einmal alle Hexahalocyclohexane der Konfiguration e.e.e.a.a.a sind wirksam (Tab. 4), wie auf Grund einer *statischen* Betrachtung der Lage der Halogenatome für e.e.e.a.a.a-Konfiguration eigentlich erwartet werden sollte. Erst die *dyna-*

Tabelle 3

Theoretisch mögliche Sessel-Konfigurationen von 1, 2, 3, 4, 5, 6-Hexa(hetero)halocyclohexanen aus α-3, 4, 5, 6-Tetrachlor-cyclohexen-(1) (α-$C_6H_6Cl_4$)

Lfd. Nr.	Addition an α-$C_6H_6Cl_4$ von	Summenformel	1,2,3,4,5,6-Hexa(hetero)halo-cyclohexane aus α-$C_6H_6Cl_4$ [3e4e5a6a(Cl)] theoretisch mögliche Sessel-Konfigurationen ohne Aufschreibung der „Gegenkörper"[1]	Kofiguration entspricht dem Hexa-Isomeren[2]	Konversionsmöglichkeit der Sessel-Konfigurationen e.e.e.a.a.a gemäß Tab. 2
1	F_2	$C_6H_6F_2Cl_4$	1e2e3a4a(Cl)5e6e(F)*	α	
2			1e2e3a4a(Cl)5e6a(F)*	ζ	
3			1e2e3a4a(Cl)5a6e(F)*	γ	Va ⇌ Vb
4	Cl_2	$C_6H_6Cl_6$	1e2e3e4e5a6a(Cl)*	= α-Hexa	
5			1e2e3a4e5a6a(Cl)*	= ζ-Hexa	
6			1e2e3e4a5a6a(Cl)	= γ-Hexa	I ⇌ I
7	Br_2	$C_6H_6Cl_4Br_2$	1e2e(Br)3e4e5a6a(Cl)*	α	
8			1e2a(Br)3e4e5a6a(Cl)*	ζ	
9			1e2a(Br)3a4a5e6e(Cl)*	γ	Va ⇌ Vb
10	ClBr	$C_6H_6Cl_5Br$	1e(Br)2e3e4e5a6a(Cl)*	α	
11			1e(Br)2e3e4a5a6e(Cl)*	α	
12			1e(Br)2e3e4a5a6a(Cl)*	γ	VIa ⇌ VIIb, VIb ⇌ VIIa
13			1e(Br)2a3e4e5a6a(Cl)*	ζ	
14	ClJ	$C_6H_6Cl_5J$	1e(J)2e3e4e5a6a(Cl)*	α	
15			1e(J)2e3e4a5a6e(Cl)*	α	
16			1e(J)2e3e4a5a6a(Cl)*	γ	VIa ⇌ VIIb, VIb ⇌ VIIa
17			1e(J)2a3e4e5a6a(Cl)*	ζ	
18	BrJ	$C_6H_6Cl_4BrJ$	1e(J)2e(Br)3e4e5a6a(Cl)*	α	
19			1e(J)2e(Br)3a4a5e6e(Cl)*	α	
20			1e(J)2a(Br)3e4e5a6a(Cl)*	ζ	
21			1e(J)2a(Br)3a4a5e6e(Cl)*	γ	VIa ⇌ VIIb, VIb ⇌ VIIa

[1] Zur Bezeichnung von Sessel-Konfigurationen vgl. Mitt. XXX, l. c. [7] u. Mitt. XLIV, Z. Naturforschg. **10**b, 605 (1955) und Mitt. XXXV, Österr. Chem.-Ztg. **56**, 134 (1955).

[2] Hexa-Isomeres = 1,2,3,4,5,6-Hexachlor-cyclohexan-Isomeres.

mische Betrachtungsweise theoretisch denkbarer e.e.e.-a.a.a.-Fälle (Tab. 3) liefert dafür eine befriedigende Erklärung, und zwar wenn man die Konversionsmöglichkeiten berücksichtigt. Um die Konfiguration des Gammexans nachzubauen, d. h. weitere e.e.e.a.a.a.-Fälle zu realisieren, gingen wir von den in Tab. 3 wiedergegebenen Überlegungen aus: e.e.e.a.a.a.-Konfiguration mit z. T. unterschiedlichen Konversionsmöglichkeiten dort unter lfd. Nr. 3, 6, 9, 12, 16, 21.

Aus dem durch Addition mit Brom, Chlorbrom und Chlorjod an α-3,4,5,6-Tetrachlor-cyclohexen-(1) (α-$C_6H_6Cl_4$) sowie durch gleichzeitige Addition von Chlor und Brom an Benzol erhaltenen Reaktionsprodukten konnten wir im Laufe mehrjähriger Untersuchungen (1952–1956) in jedem Falle ein 1,2,3,4,5,6-Hexahalocyclohexan-Isomeres der Konfiguration e.e.e.a.a.a abtrennen. Näheres über Herstellung, Isomerentrennung, Konstitutions- und Konfigurationsbestimmung dieser Hexaheterohalo-cyclohexane ist an anderer Stelle berichtet worden (8). Angaben über die kontakt-insektizide Wirksamkeit der isolierten drei γ-1,2,3,4,5,6-Hexaheterohalo-cyclohexane der Konfiguration e.e.e.a.a.a sind, wie bereits erwähnt, in Tab. 4 zusammengestellt. Kontaktinsektizide Wirksamkeit gegenüber *Calandra granaria* und *Acanthoscelides*

Tabelle 4

Kontaktinsektizide Wirksamkeit einiger aus α-3, 4, 5, 6-Tetrachlor-cyclohexen-(1) hergestellter γ-1, 2, 3, 4, 5, 6-Hexaheterohalo-cyclohexane

Lfd. Nr.	γ-1,2,3,4,5,6-Hexaheterohalo-cyclohexane				Kontakt-insektizide Wirksamkeit gegenüber *Acanthoscelides*						*Calandra*	
	Summenformel	Dipolelement gemessen in Benzol bei 20 °C		Konfiguration (Konversionsmöglichkeit) gemäß Tab. 2)	nach Stdn.	bei Anwendung von 0,1 mg/Filter		bei Anwendung von 1 mg/Filter		bei Anwendung von 1 mg/Filter	
						geschädigt %	tot %	geschädigt %	tot %	geschädigt %	tot %
1	γ-$C_6H_6Cl_5Br$	2,68	(24)	1e(Br)2e3e4a5a6a(Cl) (VIa ⇌ VIIb, IVb ⇌ VIIa)	48			10		—	
2	γ-$C_6H_6Cl_4Br_2$	2,66	(30)	1e2a(Br)3a4a5e6e(Cl) (Va ⇌ Vb)	5	60		100			
					24	50	50	30	70	90	10
					48	28	72		100	70	30
					72		100			30	70
3	γ-$C_6H_6Cl_5J$	2,73	(25)	1e(J)2e3e4a5a6a(Cl) (VIa ⇌ VIIb, IVb ⇌ VIIa)	48			15		—	

obtectus zeigt nur γ-$C_6H_6Cl_4Br_2$ vom Schmp. 123°, dessen Konfiguration bei Konversion praktisch unverändert bleibt: Seine Konversionspartner stehen im Verhältnis von Bild und Spiegelbild (Va ⇌ Vb) zueinander: Abb. 2. Die Aktivität von γ-$C_6H_6Cl_4Br_2$ ist allerdings wesentlich geringer als die des Gammexans. Als Beweis für das tatsächliche Vorliegen einer Konversion bei γ-$C_6H_6Cl_4Br_2$ läßt sich anführen, daß γ-$C_6H_6Cl_4Br_2$ bei Behandlung mit l-Brucin kein optisch aktives Reaktionsprodukt liefert, also nicht spaltbar ist (8). γ-$C_6H_6Cl_5Br$ und γ-$C_6H_6Cl_5J$, deren Konfigurationen bei Konversion in eine *andere* Konfiguration übergehen (Abb. 3), sind inaktiv. Durch die Berücksichtigung der Bromverbindung läßt sich der Einwand entkräften, daß die Unwirksamkeit von γ-$C_6H_6Cl_5J$ nur durch die Anwesenheit von Jod im Molekül bedingt ist. – Wenn also nur solche 1,2,3,4,5,6-Hexa (hetero)halo-cyclohexane der Konfiguration e.e.e.a.a.a wirksam sind, die den Konversionsmöglichkeiten I ⇌ I und Va ⇌ Vb entsprechen (γ-$C_6H_6Cl_6$, γ-$C_6H_6Cl_4Br_2$), dann ist für 1,2,3,4-Tetrachlor-5,6-difluorcyclohexan der Konfiguration 1e2e3a4a(Cl)5a6e(F) Wirksamkeit zu erwarten. Wir bitten, uns die experimentelle Prüfung dieser Frage einige Zeit zu überlassen. Entsprechende Versuche, ausgehend von α-$C_6H_6Cl_4$ bzw. $C_6H_6Cl_6$-Isomeren sind im Gang.

Abb. 3. Konversion des γ-1-Jod-2, 3, 4, 5, 6-pentachlorcyclohexans
Die Konversionspartner gehören verschiedenen asymmetrischen Konfigurationen an. Die Bezeichnungen der zugehörigen (nicht abgebildeten) Spiegelbild-Konfigurationen sind:
1e(J)2e3e4a5a6a(Cl) 1a(J)2a3a4e5e6e(Cl)

Die Tatsache, daß nicht einmal alle 1,2,3,4,5,6-Hexaheterohalo-cyclohexane der Konfiguration e.e.e.a.a.a. eine insektizide Wirksamkeit besitzen, läßt erkennen, wie gering die Aussichten sind, überhaupt ein weiteres Polyhalocyclohexan zu finden, das die kontakt-insektizide Wirksamkeit des Gammexans erreicht oder gar übertrifft. Wenn wir annehmen, daß die kontakt-insektizide Wirksamkeit eines Polyhalocyclohexans nicht nur an die Konfiguration e.e.e.a.a.a gebunden sei, könnte man ausgehend von den hier angestellten *statischen* und *dynamischen* Betrachtungen über den räumlichen Bau von Cyclohexan-Substitutionsprodukten unter solchen Konfigurationen insektizid wirksame Vertreter suchen, die eine meta-a-Stellung haben und bei Konversion praktisch unverändert bleiben. Für Cyclohexan-Substitutionsprodukte mit untereinander gleichen Substituenten sind dies die folgenden, unserem Sessel-Konfigurations-Katalog für $C_6H_{11}X$ bis C_6X_{12} (9) entnommenen Konfigurationen:

1ea3ea (I ⇌ I)
1ea3e5a* (IVa ⇌ IVa, IVb ⇌ IVb)
1e2a3e4a* (Va ⇌ Vb)
1e2a4a5e (I ⇌ I)
1ea2ea3ea (I ⇌ I)
1ea2ea3e6a* (Va ⇌ Vb)
1ea2ea4ea* (Va ⇌ Vb)
1ea2ea4e5a* (Va ⇌ Vb)
1ea2e3a4ea* (Va ⇌ Vb)
1ea2e3e5a6a* (IVa⇌IVa, IVb⇌IVb)
1ea2e3a5e6a* (IVa⇌IVa, IVb⇌IVb)
1ea2e4ea5a* (IVa⇌IVa, IVb⇌IVb)
1ea2e4ea6a* (IVa⇌IVa, IVb⇌IVb)
1ea2e4a5ea* (IVa⇌IVa, IVb⇌IVb)
1e2e3a4e5a6a* (Va ⇌ Vb).

Da man die Synthese von Poly(hetero)halocyclohexanen bestimmter Konfiguration meist nicht in der Hand hat, sind die Aussichten, viele Cyclohexansubstitutionsprodukte der angegebenen Konfiguration realisieren und auf insektizide Wirksamkeit prüfen zu können, nicht allzu günstig. Bisher sind nur drei der oben aufgeführten Konfigurationen verwirklicht, und zwar: ζ-1,2,3,4,5,6-Hexachlor-cyclohexan der Konfiguration 1e2e3a4e5a6a (3), 1,1,2,4,4,5-Hexachlor-cyclohexan der Konfiguration 1ea2e4ea5a (7) und 2,2,6,6-Tetrachlor-cyclohexanon (10), dessen Konfiguration bei Konversion ebenfalls unverändert bleibt. Die Lage der Cl-Atome im 2,2,6,6-Tetrachlorcyclohexanon (Dipolmoment: 4,4 D) entspricht einer 1ea3ea-Konfiguration. Von den genannten Verbindungen zeigt nur das 2,2,6,6-Tetrachlor-cyclohexanon eine wenn auch nur *sehr* schwache insektizide Wirksamkeit, während die beiden Hexachlor-cyclohexane völlig inaktiv sind.

Der *Deutschen Forschungsgemeinschaft* und dem *Verband der Chemischen Industrie* sei für die Förderung der vorliegenden Untersuchungen aus den Jahren 1949–1956 bestens gedankt.

Zusammenfassung

Nur zwei[6] aller bisher synthetisierten Polyhalocyclohexane besitzen kontakt-insektizide Wirksamkeit, und zwar γ-1,2,3,4,5,6-Hexachlor-cyclohexan (Gammexan) und das niedrig schmelzende γ-1,2-Dibrom-3,4,5,6-tetrachlorcyclohexan (γ-$C_6H_6Cl_4Br_2$), beide der Sessel-Konfiguration e.e.e.a.a.a. Die zur Wirksamkeit erforderliche Konfigurationsspezifität geht sogar so weit, daß nicht einmal alle Hexahalocyclohexane der Konfiguration e.e.e.a.a.a. wirksam sind, sondern nur solche, die – wie die beiden oben genannten γ-Isomeren [1e2e3e4a5a6a(Cl) und 1e2a(Br)3a4a5e6e(Cl)] – bei der Konversion praktisch identische Partner liefern (*dynamische* Betrachtungsweise). Die beiden γ-Isomeren von $C_6H_6Cl_5Br$ und $C_6H_6Cl_5J$ [1e(Br)2e3e4a5a6a (Cl) und 1e(J)2e3e4a5a6a(Cl)], deren Sessel-Konfigurationen bei gedachter Konversion in die Spiegelbilder einer *anderen* Konfiguration [1a(Br)2a3a-4e5e6e(Cl) und 1a(J)2a3a4e5e6e(Cl)] übergehen, zeigen keine kontakt-insektizide Wirksamkeit: Tabellen 2–4.

Summary

Only two[7] of all the polyhalocyclohexanes so far sythesised possess activity as contact insecticides. These are γ-1,2,3,4,5,6-hexachloro-cyclohexane (γ-BHC) and γ-1,2-dibromo-3,4,5,6-tetrachloro-cyclohexane with a low melting point, both with the chair configuration e.e.e.a.a.a. The specificity of configuration essential for activity goes so far that not even all hexahalocyclohexanes of the configuration e.e.e.a.a.a are active, but only those which yield practically identical partners during conversion, like the two γ-isomers [1e-2e3e4a5a6a(Cl) and 1e2a(Br)3a4a5e6e(Cl)] mentioned above (dynamic point of view). No activity as contact insecticides is shown by the two γ-

[6] D-haltige Gammexane nicht extra gezählt. Vgl. Tabelle 1, lfd. Nr. 56 und Fußnote c.

[7] Preparations of γ-BHC containing deuterium not separately enumerated.

isomers of $C_6H_6Cl_5Br$ and $C_6H_6Cl_5I$ [1e(Br)2e3e4a5a6a(Cl) and 1e(I)2e3e-4a5a6a(Cl)]. During the postulated conversion their chair configuration changes into the mirror images of *another* configuration [1a(Br)2a3a4e5e6e-(Cl) and 1a(I)2a3a4e5e6e(Cl)].

Literatur

(1) R. E. Slade: The γ-isomer of hexachloro-cyclohexane (gammexane), Chem. and Ind. **40**, 314–319 (1945).

(2) M. Raucourt, R. L. Bouchet and H. Bégué: A new synthetic organic insecticide: hexachloro-cyclohexane, Chim. et Ind. **56**, 449–452 (1946); Ann. Epiphyties **11**, 355–363 (1946).

(3) R. Riemschneider: Kontakt-Insektizide auf Halogenkohlenwasserstoffbasis, Mitt. II und III, 2. Beih., 1. Erg.-Band zur „Pharmazie" 1949, S. 763–769 und Euclides **12**, 38 (1952); ζ-1,2,3,4,5,6-Hexachlor-cyclohexan (e.e.a.e.a.a), Mh. Chem. **84**, 1068–1070 (1953).

(4) S. B. Hendrick, C. Bilicke: Die Raumgruppe und Molekularsymmetrie von β-Benzolhexabromid und -hexachlorid, J. Amer. chem. Soc. **48**, 3006–3015 (1926).

(5) J. M. Bijvoet: The crystal structure of gammexane, Recueil Trav. chim. Pays-Bas **67**, 777 (1948).

(6) Y. Morino, I. Miyagawa and T. Oiwa: Dipol moments of benzene hexachlorides, Botyu-Kagaku (Scientific Insect Control) **15**, 181 (1950); I. Miyagawa, Y. Morino und R. Riemschneider: Dipol moments of some polyhalocyclohexanes. I und III, Bull. Chem. Soc. Japan **27**, 177–181 (1954) und **28**, 393–396 (1955); O. Hassel und T. Tarland: Tidsskr. Kjemi Bergves. Metallurgi **2**, 6 (1942).

(7) R. Riemschneider: Zur Chemie von Polyhalocyclohexanen, Mitt. XXX und XXXII, Österr. Chem.-Zt. **55**, 102–107, 161–168 (1954) und Mh. Chem. **86**, 101–116 (1955).

(8) R. Riemschneider und S. Bäker: α-, β- und γ-1,2-Dibrom-3,4,5,6-tetrachlor-cyclohexan der Konfiguration e.e(Br)e.e.a.a(Cl), e.e(Br)e.e.e.e(Cl) und e.a(Br)a.a.e.e(Cl), Z. Naturforschg. **9**b, 751–753 (1954) und Chem. Ber. **88**, 1437–1441 (1955); R. Riemschneider und G. Mau: 1-Jod-2,3,4,5,6-pentachlor-cyclohexan, Chem. Ber. **90**, 2713–2719 (1957) und unveröffentlichte Versuche.

(9) R. Riemschneider und I. Gesuhke: Der Sessel-Konfigurations-Katalog für $C_6H_{11}X$ bis C_6X_{12}, Botyu-Kagaku (Scientific Insect Control) **20**, 31–46 (1955).

(10) R. Riemschneider und H. Rübner: 2,2,6,6-Tetrachlor-cyclohexanon, Z. Naturforschg. **8**b, 161 (1953); Mh. Chem. **85**, 417–423 (1954).

Waxes of the lac insect and their glands

By S. Mahdihassan

With 13 figures

In nature the lac insect builds only small colonies, and their product appears as chunks of stick-lac. This is because such colonies represent the second generation, the issue from a single mother transported there as a young larva by some kind of fly. The generation from a single cell usually consists of about 700 young ones which include the males in the ratio of about 1 : 10 in

Fig. 1. The Mysore lac insect growing on *Shorea talura*, artifically inoculated. Monsoon season crop

favour of the female. The small piece of stick-lac, comprising the second generation, does not serve as ideal brood lac for the proportion of males increases and the colony terminates from want of females. Even other limiting factors are not known to explain why a tree once bearing lac in nature does not ultimately get fully covered with it. On the contrary when lac is cultivated

Fig. 2. A lac cell, from *Zizyphus jujuba,* Bihar, transparent and exposing Hard Wax incorporated within the cell-wall. A.O., is the Anal Opening of the dry cell

enough brood lac is used to see that almost one third of the smaller twigs are fully infected with the crawling young larvae. The exact quantity of inoculating material to be used depends upon the empirical knowledge gained from such attempts in the past. Experimental cultivation of lac was undertaken in a small forest area, near BANGALORE, using the Mysore lac insect, *Lakshadia mysorensis,* which grows only on *Shorea talura.* Fig. 1 shows some of its branches covered with lac. The season represents the end of the monsoon season when the harvest is invariably the best.

When such a piece of fresh stick-lac is broken it appears cellular in nature. The earlier European entomologists called stick-lac, the „honey-comb" of the lac insect. But the walls which constitute a honey-comb are homogeneous in nature and consist of wax. The lac encrustation was likewise presumed to be homogeneous consisting, however, of a mixture of lac and wax, the latter serving es a minor constituent and representing a cement combining the molecules of the main lac resin. This we shall see is not the correct view of the structure of stick-lac.

There is another problem which has been pressing for some kind of solution, the genesis of the lac insect. Once the wax producing activity of different lac insects is studied we have data to trace the origin of the lac insect as a descendant of a wax producing ancestor. The physiological activity of lac secretion is subsequent to that of wax production. Insects producing wax are also morphologically more primitive than those that produce lac; thus the importance of studying the waxes of the lac insect and the glands which produce them.

Fig. 3. A fragment of Mysore lac cell wall, under polarized light, showing pencils of Hard Wax. They arise from the Girdle region of the insect body, G., fig. 7

The lac insects are gregarious by habit and the individual cells show a fusion of their secretion products with those of the neighbours. Wax insects are more isolated and even when close to each other removal of one individual will not disturb the other in any way, there being no wall commonly shared between the two. We can imagine three or more huts, as perfect units,

close to one another; and again a house with three rooms with walls common among them. The former represents a wax insect colony, the latter that 8 produces lac. The problem now is, how does the lac insect build its stick-lac? Since it can also form a single cell, attention is diverted first to it. A study of the architecture of the single cell has been undertaken before (1) and also that of stick-lac (2) or of its colony. Even the wax glands have been unwittingly studied by MISRA (3) but the work requires a revision.

At Pusa, Bihar, lac was being experimentally cultivated on *Zizyphus jujuba.* My lamented friend, the late RAO BAHADUR C. S. MISRA, kindly sent me a pound of this material. Some insects were found growing isolated. The lac pale yellow in colour and almost transparent. When seen nearly from above they revealed the presence of wax incorporated in the cell wall made of lac resin. Fig. 2, shows two dead cells rather enlarged exposing the incorporated wax. The Anal Opening, A. O., represents the aperture in the cell formerly occupied by the Anal Tubercle, shown with its Anal Ring

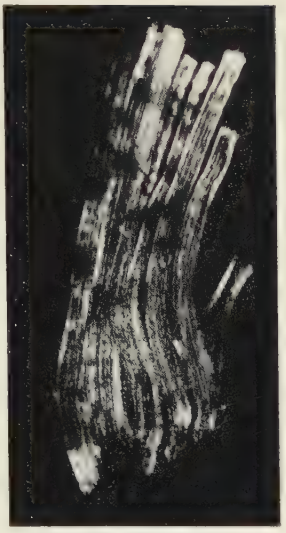

Fig. 4. Hard Wax of a batch secreted from the girdle region of *Lakshadia nagoliensis;* under polarized light

Fig. 5. A section across the surface of *L. nagoliensis* encrustation showing Wax in situ, revealed under polarized light. "A" compares with the Anal Opening, A. O., fig. 2

Hairs, A. H., in fig. 7. From its sides or what may be called the Girdle, G., or the equatorial region of a spheroid body, arise on each side three batches of threads or pencils of white and hard wax, roughly as four pencils in each batch. One such batch of four wax pencils is shown marked with an arrow in fig. 2 on the cell bearing the letters A. O. The neighbouring cell, shown tilted, indicates, on its side, the presence of the same four pencils of

Fig. 6. Fresh stick-lac of *L. nagoliensis* with the twig of *Schleichera trijuga* cut longitudenally and photographed under water. White portions represent Hard Wax

wax in one batch, marked again with an arrow. A typical single cell of the species, *Lakshadia mysorensis,* is smaller, the resinous layer darker, which never reveals the presence of incorporated wax on its external examination. From the Mysore lac insect a large piece of the cell wall was cut with a small scalpel mounted in Canada-balsam on a slide and photographed under a polarizing microscope. Fig. 3 is the result which reveals the wax content in the field. The wax exists like threads or fibres but not in a set of four as appears to be the case from fig. 2. When a fresh lac cell is dissolved in the cold with a strong solution of alkali the lac dissolves, the body swells, but the waxes being insoluble are left on the body indicating from where they arise. A couple of insects from a colony of *Lakshadia communis* thus treated gave figs. 5 and 6, pl. I. We may consult text fig. 7, where G. shows the Girdle region of the insect exposing on one side three patches of wax pores from which arise the Girdle Hard Wax, in six batches, each batch shown to consist of four threads as in fig. 2. The hard wax from one batch of girdle-wax, belonging to *Lakshadia nagoliensis* on *Schleichera trijuga,* was mounted in Canada balsam and finally photographed under polarizing microscope; this is shown in fig. 4 of the text.

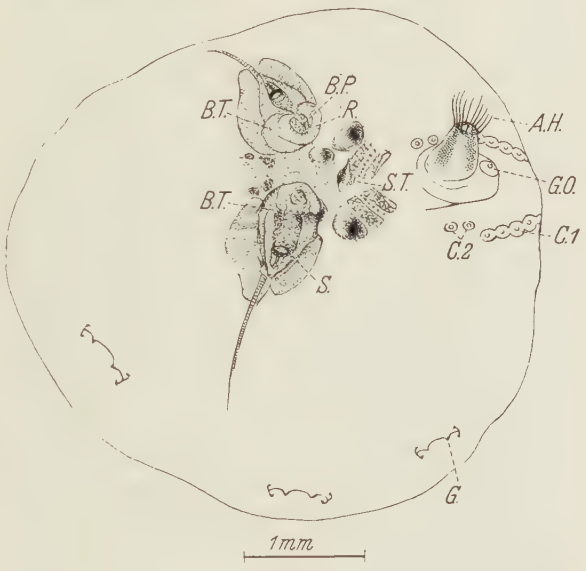

Fig. 7. A round shaped isolated lac insect of *L. communis.* The Anal Tubercle ends in Anal Ring Hairs, A. R. H. At base is Genital Opening, G. O. On one side, Circumsgenital Pores in two rows, C. 1 and C. 2. Spinoid Tubercle, S. T. Brachial Tubercle, B. T. Major Spiracle, S. The Brachial Tubercle, B. T. ends in Brachial Plate of Pores, B. P., with a Ridge, R., all around. The Girdle region of the body, on each side has three patches of pores, G.

Geologists make sections for microscopic study by grinding rocks. The same technique was applied to a piece of encrustation belonging to *Lakshadia nagoliensis.* A selected spot was photographed under a polarizing microscope revealing the presence of waxes in situ. The circular region, indicated as „A", in fig. 5, corresponds with the Anal Opening, A. O., of fig. 2. The Anal Opening to the left in fig. 5 shows how it appears like a crater formed by two concave plates of wax forming a conical opening keeping it free from the neighbouring inflow of lac secretion which, if not directed properly, would block the anal opening; the two halves of wax plates act as dykes against the secretion of lac resin. The Anal Wax plates are also seen as A. W., fig. 5, plate I. In fig. 5 of the text a couple of short horizontal bars are seen which are pieces of the girdle wax pencils seen on their sides. The entire white portion represents wax impregnated into the cell wall.

When a twig grows horizontally the lac insects, from the beginning, settle only on the side facing the earth. When it is vertical the young ones settle all around it. But no twig is ideally vertical so that it has one side nearer the earth. On this side the insects grow larger while on the opposite side, or away from the earth, the growth is poorer. Such a twig of *Schleichera trijuga*, colonized by *Lakshadia nagoliensis*, gave an encrustation at the end of the monsoon which was ground longitudenally and photographed under water and shown here as fig. 6. The row of insects to our right, including cell No. 5, shows the individuals fully grown. On our left, or on the relatively upper side of the twing, the individuals are grown less, represented by cells Nos. 1 and 2. Where insects Nos. 4 and 3 are indicated there are three individuals well grown, equal almost to insect No. 5. There is a node on the twing and insects are always better fed at such spots. The longitudenal section at once shows a layer of waxes at the outer margin or at the upper coating of the insect bodies and again at their base, where they are attached to the surface of the twig. There ist therefore a dorsal and a ventral layer of wax. The individual insects, Nos. 5 and 6 in plate I, show the dorsal wax partly consisting of Girdle Wax, G. W., and the lower layer of Ventral Hard Wax, V. H. W., of the same insects. The Girdle Wax pencils, G. W., cell 5, plate I, in text fig. 3 are self evident, also in cell No. 2, text fig. 6. Figs. 5 and 6, plate I, belong to *Lakshadia communis* on *Ficus mysorensis*, Bangalore.

Fig. 8. L. nagoliensis encrustation, with living insects, as in fig. 6, likewise photographed under water, showing Ventral Soft Wax, V. S. W., surrounded by Ventral Hard Wax, V. H. W. The Brachial Tubercle ends in a piece of Hard Wax. B. Along its long axis are seen Hard Wax, H. W., enclosing Soft Wax, S. W., which appears chalk like. The Spinoid Tubercle, shown by arrows, fixes the body of the insect to the ceiling of the cell

A cell, similar to those of fig. 6, is shown enlarged in text fig. 8. When the insects are growing in a colony they are pressed for space, the spheroid shapes of an isolated insect becomes pear-shaped and the ventral portion becomes conical, some times tube like. This acute shaped cone is fitted into a

conical cup of wax and then cemented into the general structure of stick-lac. The Ventral Hard Wax, H. W., in fig. 8, is seen like a cone. It is to be compared with V. H. W., of insects Nos. 5 and 6 in plate I. Between the cup of Ventral Hard Wax and the soft insect body is smeared a soft wax, the Ventral Soft Wax, S. W., text fig. 8. Streak of the same chalky wax is shown with an arrow in a cell No. 5, fig. 6 of the text.

A structure specific to the lac insect is the Spinoid Tubercle, S. T., fig. 7. It is shown directed with white arrows, in fig. 8, embedded between two wax pieces and with these together fixed into the ceiling of the lac cell. When young the lac insect is flat and lies adhering to the surface of the twig. When adult it is pear-shaped and found vertical or at right angles to the long axis of the twig. We can picture the soft body like a long bag suspended, from the ceiling of the lac cell, by means of a nail like structure, the Spinoid Tubercle. To enable its proper fixture it is supported between two wax plates. This wax is not clear in fig. 8. The pores that secrete it are incidentally shown without indication where S. T., is marked is fig. 7. From the major Spiracle, S., fig. 7 and fig. 9, arises a Brachial Tubercle, B. T., a structure like the Spinoid Tubercle, specific to the lac insect. There are pores around the Spircular opening, S. From these pores arises a Soft Wax, S. W., fig. 9, enclosed by a thin layer of Hard Wax, H. W., fig. 9. The same Hard Wax, H. W., is seen in situ in fig. 8, with its Soft Wax, S. W. On comparing figs. 7 and 8, the required information is obtained. On top of the Brachial Tubercle, B. T., fig. 7, there is a crater of porous plate, Brachial Plate, B. P., with a margin all round or Ridge, R. These produce a soft wax in the centre and a hard wax around it like a tube enclosing the soft within. The pores and glands of the Brachial Plate, B. P., correspond to those around the Spiracle, both of which produce Soft Wax. That Hard Wax is also produced by the edge or ridge of these pores as Ridge Wax, R. W., fig. 9, has to be assumed or that the glands are heterogeneous in structure not clearly investigated histologically. On comparing the Hard Wax secreted from the spiracular region of *Metatachardia conchiferata,* from Ceylon, the existence there of a copious secretion of this Hard Wax becomes quite evident. In Indian

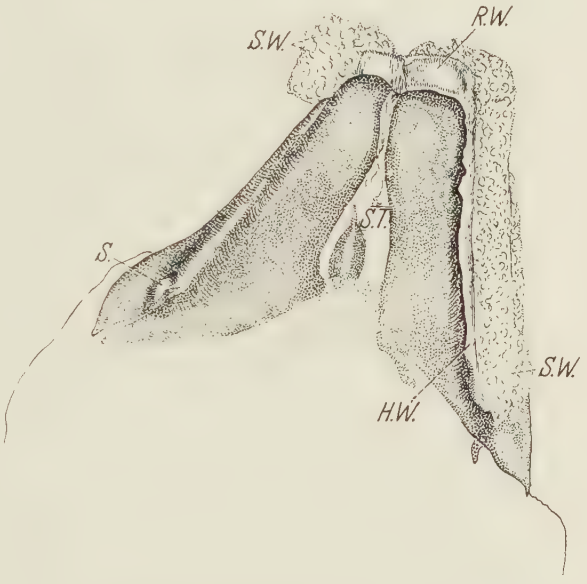

Fig. 9. L. nagoliensis, dorsal part of the insect. Ridge Wax, R. W., is B., of fig. 8. Major Spiracle is S. Soft Wax, S. W., and Hard Wax, H. W., compare with those of fig. 8

species this wax is of a very insignificant nature. Brachial Ridge Hard Wax, R. W., fig. 9, is to be compared with B., fig. 8, where the hard wax is seen in situ. Fig. 10 shows the Brachial Tubercle, B. T., specially long, of the species *Lakshadia nagoliensis,* with Soft Wax, S. W., all along, one side of the Brachial Tubercle, arising from the pores around the Spiracle. The Hard Wax, H. W., around the Anal Tubercle, is shown as H. W., fig. 10, and as Anal Wax, A. W., fig. 5, plate I. This Hard Wax arises from Circumgenital Pores, found in two rows, a long row, C. I., fig. 7, and a smaller one of two units, C2. These rows together produce on each side of the Anal Tubercle,

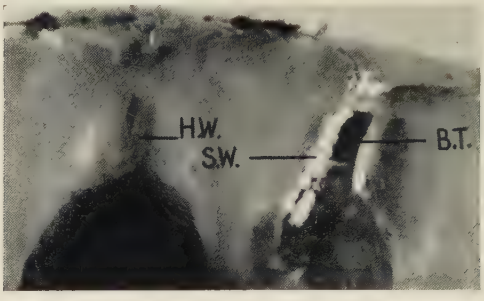

Fig. 10. L. nagoliensis. Like fig. 8, Brachial Tubercle, B. T., with attached Soft Wax, S. W. The Hard Wax, H. W., of the left insect is the Anal Hard Wax, A. W., of fig. 5, plate I

Fig. 11. A Lac resin secreting gland, diagrammatic

A. H., fig. 7, as two concave plates, seen cut across forming a circular hole between them, the Anal Opening, A., fig. 5. The actual Genital Opening is G. O., in fig. 7.

Lac resin is a mixture, there is an ether soluble portion and an ether insoluble portion. All over under the skin are lac glands secreting the lac resin. The duct is a fine long chitnous one and the gland egg shaped. A diagrammatic picture of the lac gland with its long duct is shown in fig. 11. With picric acid the chitinous duct stains bright yellow. Plate I, fig. 3, shows in section a Lac Gland, L. G., where it has an abnormal elongated shape; another is seen round, attached to its Lac Duct, L. D., ending at a point Lac Pore, L. P. Another indication, L. P., to the left, shows the nodular Lac Pore as a point. Plate II, fig. 6 shows the inner surface of the insect skin, teased and stained with haematoxylin as a vital stain and photographed as living material.

Plate I, fig. 4, shows a section through the ventral end of the insect body. The Head is shown as H. In front, to our left, is shown the Posterior Oral Lobe, P. L., on the ventral surface, on which the body is partly supported to enable a free play of the proboscis, not shown in the section. On our right are seen a row of Wax Glands, W. G., which produce Ventral Hard Wax, V. H. W., figs. 5 and 6, plate I. To the left, in section 4, plate I, is seen a Tracheal tube, Tr., cut across. There is a patch of the Soft Wax Glands, S. W. G., near the minor Spiracle where a soft wax is found dusted to keep the under surface of the insect body clean. This is a common type of gland found in many scale-insects. The single gland is thin and long so that they are better seen collectively spread out like a fan. Fig. 1 pl. I, shows the Ventral (Hard) Wax Pore, V. W. P., quite clearly; a row of such glands are seen

Plate I

Fig. 1. Ventral Hard Wax, glands and their pores. V. W. P., Ventral Wax Pores

Fig. 2. There is evidence of an accessory gland, A. G., producing soft Wax which has a common duct along with those secreting hard wax. Ventral Wax Pores, V. W. P.

Fig. 3. Lac secreting glands, round, with a long thin duct ending at a delicate raised point like a dot, L. D., Lac Duct; L. G., Lac gland; L. P.; Lac Pore

Fig. 4. Section through the ventral end of *L. mysorensis.* H. is Head; P. L., Posterior Oral Lobe; S. W. G., Soft Wax Gland, fan shaped as a whole, each being narrow and thin. Tr. is Trachea. W. G. Wax Gland producing Ventral Hard Wax, V. H. W., of fig. 6 plate I

Figs. 5 & 6. L. communis freed from lac, exposing wax exudation. V. H. W., is Ventral Hard Wax. G. W. is Girdle Hard Wax. A. W. is Anal Hard Wax

Fig. 7. L. communis, growing isolated treated with hot alkaline solution. A. T., is Anal Tubercle; B. T., is Brachial Tubercle; and a needle like Spinoid Tubercle, S. T.

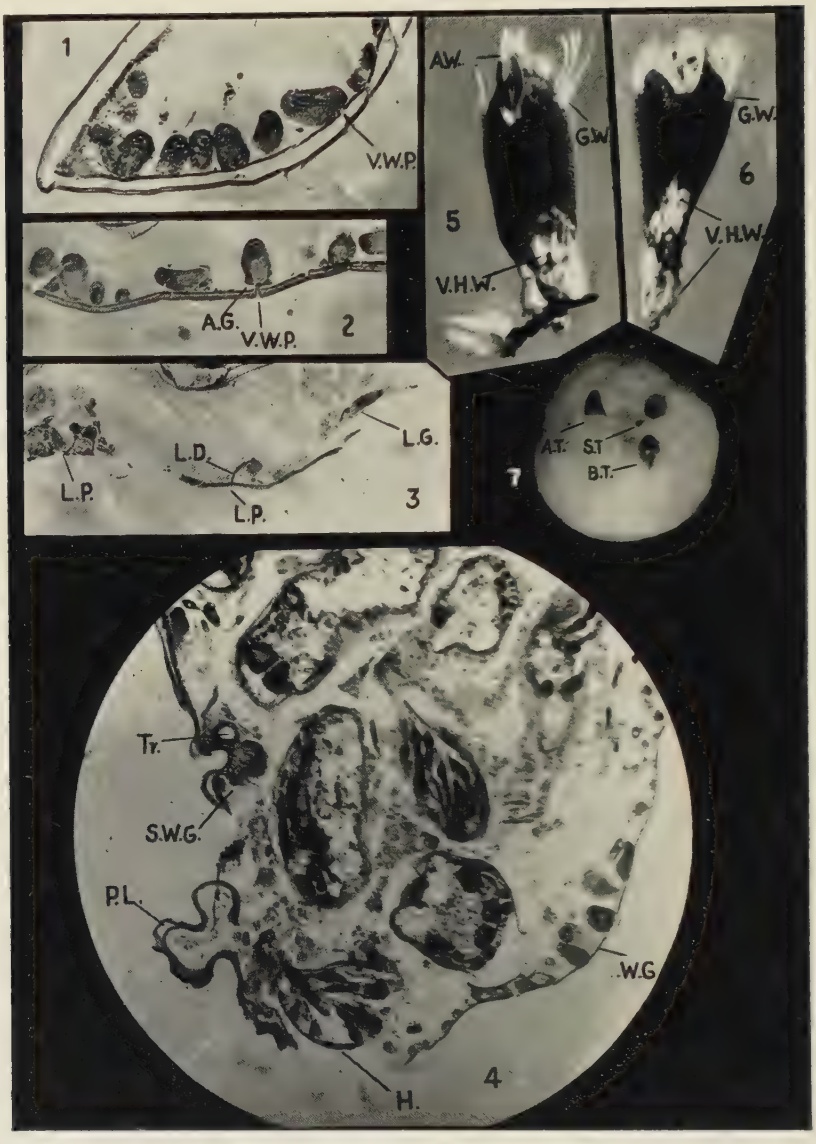

Plate II

Fig. 1. G.W.G., Girdle Wax Glands producing Girdle Hard Wax, G.W., of fig. 5, pl. I. Stained with haematoxyline as a vital stain

Fig. 2 & 3. Anal Tubercle cut longitudenally with Anal Opening, A. A.R.P., is Anal Ring Pores of Soft Wax Glands, S.W.G., beneath. R., is Rectum; I., is Intestine; A.R.H., are Anal Ring Hairs

Fig. 4. V.W.G. is Ventral Hard Wax Gland stained with haematoxylinas a vital stain. Their product is V.H.W. fig. 5, pl. I

Fig. 5. A vertical section through the Brachial Tubercle. S.W.G. is Soft Wax Glands, fan shaped. Their ducts, D., and the ultimate pores, P. Mu. is muscle

Fig 6. Lac glands, vitally stained with haematoxylin

Fig. 7. Circumgenital Wax Pores forma cluster, C 1, and have fan shaped glands attached to them

Fig. 8. A section across the Major Spiracle with Ducts, D. of glands. Mu. is Muscle similar to Mu., fig. 5

much better here than in fig. 4 below. One gland is seen at its best in fig. 2, with its pore as Ventral Wax Pore, V. W. P. A small Accessory Gland, A. G., attached to the main gland, is also visible. Such a delicate gland possibly produces a soft Wax and secretes it through a common duct or pore, V. W. P., fig. 1, plate I.

The Anal Tubercle is seen terminating in Anal Ring Hairs, A. H., text fig. 7. In fig. 2, plate II, the Anal tube is cut longitudinally. The Anal Opening is A. The Rectum is shown as R, and the Instestine as I. The Anal Opening is surrounded by Anal Ring Hairs. Each of these ten long hairs, arises from a small hexagonal chitinous plate full of pores. From these pores arises a long filamentous soft Wax. These Anal Ring Pores, A. R. P., fig. 3, pl. II, producing Soft Wax threads are attached to Soft Wax Glands, S. W. G., below, and belong to the fan-shaped type, Soft Wax Gland, S. W. G., fig. 4, pl. I. Fig. 2, pl. II, is duplicated by another section, fig. 3, showing the Anal Ring Hair, A. R. H., left as a mere stump, with the Soft Wax Gland, S. W. G. below. The Brachial Tubercle, B. T., text fig. 7, has a crater like central plate of pores, the Brachial Plate, B. P. The Brachial Tubercle in fig. 5, pl. II, has been cut more or less longitudinally, showing the Wax Pores, P., and the long Ducts, D., and the Soft Wax Glands, S. W. G., as identical with those below the Anal Ring Hairs, in figs. 2 and 3, pl. II. The product of the Brachial Plate, P., is also soft filamentous Wax. Fig. 8, pl. II, shows the base of the Brachial Tubercle. In fig. 5, pl. II, we see a Muscle joint, Mu., the same is revealed as Mu., fig. 8. The Major Spiracle here is cut longitudinally exposing the pores in section.

The Anal Tubercle, A. T., fig. 7, Pl. I, is surrounded by two concave plates of Hard Anal Wax plates, A. W., fig. 5, pl. I, seen in situ as H. W., text fig. 10. This wax arises from Circumgenital Pores, C. 1 and C. 2 text fig. 7. These pores represent a group and one group is seen as C. 1, in fig. 7, pl. II, with the fan shaped Circumgenital Wax Glands. Histologically the glands are the same as Soft Wax Glands, S. W. G., of the Brachial Plate, fig. 5, plate II; the products however differ as hard Wax in one case and soft in the other. I am unable to explain the finding. Text fig. 7 shows a patch of glands around the Girdle, G., region. The product is shown in situ as Girdle Wax, G. W., figs. 5 and 6, pl. I. The Girdle Wax Glands, G. W. G., is a long pumpkin shaped object in fig. 1, pl. II. The wax secreted is hard like that of the Circumgenital glands but the Girdle glands are entirely different and specific. Fig. 1, pl. II, represents glands stained with haematoxylin as a vital stain and photographed under a microscope. A gland of the Ventral Wax Gland, W. G., fig. 4, pl. I, is shown similarly stained with haematoxylin as Ventral Wax Gland, V. W. G., fig. 4, pl. II. What appears to be hard wax is produced by three types of glands; moreover a thin type of fan shaped glands produces hard wax in one place and soft wax in another. We know from other sources that there is more than one kind of hard and soft wax produced by the lac insect. A comparative study specifying each wax chemically, with its melting point, the type of pore and the main gland and the accessary gland, if any, also attached to it, has not been undertaken. The present communication is the beginning of such a study and in the light of present findings further research becomes a necessity.

Zusammenfassung

Ergänzt durch zahlreiche Abbildungen wird die Morphologie der wachserzeugenden Drüsen sowie die Bedeutung der verschiedenen Wachsarten für den Aufbau der Lackschildlauskolonien ausführlich behandelt. Die Untersuchungen wurden an *Lakshadia mysorensis, communis, nagoliensis* und *Metatachardia conchiferata (Lacciferidae, Coccoidea)* durchgeführt, denen in Indien wirtschaftliche Bedeutung zukommt.

References

1. Mahdihassan, S. (1941): The Architecture of the Lac Cell. *J. Osmania Univ.*, Hyderabad Deccan. Vol. IX. P. 91.
2. Mahdihassan, S. (1938): Die Struktur des Stocklacks. *Zeit. f. Morph. u. Ekolog. d. Tiere.* Bd. 33, Heft 4.
3. Misra, A. B. (1931): The internal anatomy of the remale lac insect. *Proc. Zool. Soc.;* London. Pp. 297–323.

AUTORENREGISTER

A

Achard 3, 31
Adle 2, 31
Agrell 359
Alekseev 9, 31
– u. Shchepetil'nikova 5, 31
Alexandrov 6–11, 31
Anderson u. March 202, 226
Anderson, March, Metcalf 202, 226
Archangel'skii 3, 8, 31
Arditti 128, 133, 136, 162
Arnoldi 3, 31
Ascher 115, 162
Ascher, Ben Shmuel 138, 162
Ascher, Roch 115, 162
Auersch 242
Averin 10, 31

B

Babers u. Pratt 202, 226
Babers, Pratt, Williams 265, 285, 291
Bachmaier 6, 9
Baer 412, 422
Baker u. Wharton 104, 113
Balks 348
Barbesgaard u. Keiding 285, 288, 291
Barbey 412, 422
Barfurth 339
Beament 72
Beard 34, 56
Becher 327, 392
Bei-Bienko 244
Beinert-Sauerlandt 351, 364, 376
Ben-Shmuel 138
Berger u. Becher 306
Beutelspacher 351, 376
Bhattacharyya, Friedmann, Fraenkel 72
Biastoch 373
Biwer 307, 377
Blattny 258
Blochmann 339
Blower 104
Bock 113
Bodenheimer 17, 31, 116, 162
Bösenberg 348
Bonnemaison 299, 300
Bornebusch 94, 113, 316, 392
Borodin 8, 32
Boudreaux 38, 56
Bradburg u. Stauden 202, 226
Brandt 167, 175
Brown 12, 291
Brown u. Brown 201, 227
Bruce, Decker et al. 35, 36
Brüsewitz 325, 328, 392
Buchner 58, 72
Buddenborg 346
Buddenbrock v. 58, 72
Bullmann u. Faber 7, 32
Burmeister 163, 167–169, 175
Busvine 48, 56
Busvine u. Harrison 291
Buxton 17, 32

C

Can 8, 32
Čapek 75–77, 80, 82, 85–87, 89, 92
Čapek, Obrtel, Weise 92
Čapek u. Zwölfer 92
Casida 202, 227
Cavalli-Sforza 35, 56
Chamberlain u. Hoskins 202, 227
Chang u. Crowell 34, 56
Chang u. Fraenkel 70–72
Charvát u. Patočka 92
Chernova 5, 32
Colemanan 395, 408
Cooper u. Fraenkel 60, 70, 72
Crow 35, 48, 56, 285, 288, 291
Cutkomp 201, 227
Czech 75, 92

D

Dalla Torre 7, 32
Darwin 113
Davachi 12
Davis 72
Decker 291
Defago 7, 8, 32
Diser 70, 72
Dittrich 34, 37, 56, 268, 280, 284, 291, 292
Djadjedschko 191
Dobzhansky 34, 56
Doerell 384
Dosse 36, 266
Dotterweich 351, 376
Drift, van der 315, 392
Dudrich, Balogh, Loksa 315, 316, 392
Dunger 307, 320, 327, 392
Duspiva 201, 202, 227

E

Eckstein 244, 248, 259, 260
Ehrenhardt 251
Eichler 242, 245, 248, 251, 253, 254, 256, 257, 259–261
Eisbein u. Dyckerhoff 242
El-Kifl 97, 104, 113
Eltringham 137, 162
Ergene 327, 392
Escherich 16, 176, 185, 412, 422
Evlakhova 5, 32

F

Falk 294, 300
FAO 32
Fedotov 5, 32
Feher 310, 392
Feldmann-Muhsam 116, 162
Fink 376
Finney 37, 56, 268
Fourman 321, 392
Fraenkel 71, 72
Fraenkel et al. 59, 72
Fraenkel u. Chang 60, 70, 72
Fraenkel u. Friedmann 70–72
Fraenkel u. Leclercq 71, 72
Fraenkel u. Rudall 72
Franz 75, 76, 92
Franz, H. 310, 316, 320, 325, 327, 345, 350, 351, 354, 355, 357, 360, 364, 366, 376, 386, 392
Franz u. Leitenberger 307, 392
Frear 223
French u. Fraenkel 60, 70, 72
Frenzel 310, 392
Fritsche 312, 392
Fritsche, Wolfgang, Opel 284, 292
Fröbrich 60, 73
Fröbrich u. Offhaus 58, 59, 73

G

Gäumann 38, 56
Gahan a. Weir 292
Garman 265, 292
Gasser 49, 50, 56
Gere 321, 392
Gericke 373, 374, 376
Germar 247
Gersdorf 168, 175
Gilbert 283, 292
Gisin 325, 346, 355, 357, 376, 392
Gösswald 187
Grassé 294, 300
Gratz, Rosen, Ascher 115, 140, 162
Grayson 35, 52, 56, 283, 285, 292
Green 395, 408
Grindberg 259
Grof 248, 251
Gukasjan u. Kolomijez 189
Gunhold 310, 392

H

Hackett 342
Härdtl 244, 245
Hafez 116, 162
Hafez a. Attia 116, 162
Hambeck 384, 393,
Hammad 96
Handschin 376
Hansen 282, 292
Hartley u. Brown 202–204, 227
Hase 261
Heckel 21, 32
Hendrick u. Bilicke 432
Herbke 345, 346, 376, 386, 393
Hertling 5, 32
Hertwig 339
Hessing 345–347, 373–375
Heyden 244
Heymons u. v. Lengerken 258
Hibrawi 8, 11, 32
Hille Ris Lambers 294, 300
Hingston 395, 408
Hochapfel 250
Hölldobler 186
Höller 345, 346, 350, 357, 358, 376
Hoffmann et al. 56
Hoffmann u. Lindquist 204, 227
Hopf 202, 227
Hopp 71, 73
Horion 244, 247
Hoskins u. Gordon 281, 282, 292
Hüsing 71, 73
Huntley 395, 408
Hutson 395, 408

I

Imms 106, 113
Isermeyer 309, 394
Ivliev 195

J

Jablonowski 247, 249, 250, 256, 259, 260
Jacot 104, 105, 106, 113
Jahn 7, 32, 94, 112, 113
Janisch 229–231
Jansson 372, 376
Jegen 113, 354, 376
Jochum u. Jung 70, 71, 73
Jones 395, 408

K

Kaila 359, 366, 372, 376
Kamenkova 7, 32
Kamenski 260, 264
Karman 248
Kates u. Runkel 113
Katiyar 395, 396, 399, 400, 408
Kearns 201, 227
Kearns et al. 202, 227
Keiding 54, 56
Keith u. Kevan 113
Khara-Murza 5, 32
Kiefer 32
King 56, 265, 285, 292
Kirchner 168, 175
Klapp 346
Koch 58, 60, 73
Koch, Offhaus, Schwarz, Bandier 58, 73
Kocher 265, 292
Kollmansperger 376
Kolomijez 197
Korovina 199
Korschelt 229
Kremer 285, 292
Kreybich 364, 373, 376
Krishna Iyer Ma 15
Krstić 417, 422
Kubiena 308, 327, 345, 376, 393
Kühnelt 73, 97, 104, 105, 113, 321, 326, 351, 354, 355, 359, 364, 376, 393
Kukolevskij 191

L

Laatsch 345, 346, 351, 376
Lalonde u. Brown 202, 204, 227
Lambert 250
Land 345, 346, 350, 355, 356, 357, 376, 386, 393
Leclercq 60, 70, 73
Lederberg 35
Lees 36, 57
Lefroy 395, 408
Lengerken, v. 169, 175, 255
Lhost u. Roche 204, 227
Lichtward et al. 35, 53, 57, 285, 288, 292
Lindgren a. Dickson 282, 288, 292
Lindquist 325, 393
Linke 38, 46, 57, 285, 292
Lodos 5, 32
Lorenz u. Kraus 176, 177, 185
Losinskij 193
Lüers et al. 202, 227
Lyford 316, 317, 393

M

Maas 284, 292
Madwar a. Zahar 116, 162
Maelzer u. Kirk 35, 53, 57, 285, 292
Maercks 231
Magis 58, 60, 70, 72, 73
Mahdihassan 329, 330, 433, 444
Maksimović 410, 422
Mangold 324, 393
Manninger 7, 32
March 227, 265, 283, 292
March u. Lewallen 35, 57
March a. Metcalf 292
Martin 202
Martini 339, 340–344
Mather a. Harrison 285, 292
McCann 395, 408
McColloch 94, 113
McFarlane 71
McKenzie a. Hoskins 285, 292
Meier 7, 9, 10, 11, 32, 76, 77, 80, 92, 296, 300
Melander 34, 57
Mellor 137, 162
Meltzer 284, 292
Mer 116, 128, 137, 157, 162
Mer a. Cwilich 142, 162
Metcalf 201, 227
Metschnikov 189
Meyer, A. 229, 307, 327

Meyer, L. 345, 351, 376, 393
Millar a. Turk 119, 121, 128, 162
Miller 72
Mischin 192
Misra 435, 444
Missiroli 342
Morino, Miyagawa, Oiwa 432
Morrison a. Brown 201, 203, 227
Mrohs 345, 357, 374, 376, 386, 393
Müller, F. 201, 227
Müller, F. P. 168, 175, 294, 295, 300
Müller, H. J. 233, 237–241
Müller, K. R. 247, 249, 250
Murray, Cooper u. Fraenkel 73

N

Naton 58, 59, 73
Neiswander, Rodriguez, Neiswander 265, 292
Neubecker 201
Nikolsky 250
Nommik 307, 379, 393
Norton 285, 292
Nutting 227

O

O'Brien 202, 227
O'Brien a. Spencer 202, 227
Ohnesorge u. Thalenhorst 185
Okunev 199

P

Padij, Spektor
Patay 73
Patočka 75–77, 82, 84, 85, 89, 92, 93
Pearson 15
Perry u. Hoskins 54, 57
Peus 344
Pfaff 202, 227
Pfeffer 75, 93
Pieper 346, 349
Pierce 17, 32
Pimentel, Dewey, Schwardt 265, 288, 292
Pimentel et al. 35, 57
Pistor 202, 227
Pokozij 190
Polivanova 7, 32
Pospilov 244
Postner 412, 422
Pruthi u. Nigam 395, 408
Pryor 73
Pschorn-Walcher 386, 393
Pyatnitzki u. Pavlova 254, 259, 262

R

Ramann 97, 113
Rao 408
Rapp 245
Ratzeburg 75, 76, 93
Raucourt, Bouchet, Bégué 432
Reeks 176, 179, 182, 184, 185
Reiff 202, 227
Reitter 244, 245
Rhen 227
Richards 73
Riemschneider 301, 306, 423, 432
Riemschneider u. Bäker 432
Riemschneider u. Gesuhke 432
Riemschneider u. Gralitz 306
Riemschneider u. Kühnl 202, 306
Riemschneider u. Rübner 432
Roark 227
Robertson 142, 162
Rodenwaldt 340
Roeder 204, 227
Roeder u. Weiant 202, 219
Rogoff a. Metcalf 227
Rokitzka 359, 376
Romell 104
Roonwal 395, 401, 408, 409
Rosen a. Gratz 159, 162
Rosenthal u. Reichstein 59, 73
Ross 341
Roth a. Willis 227
Roubaud 233
Rožkov 190
Rozsypal 260
Rubzov 5, 33

S

Saba 48, 53, 57, 265
Sacklin et al. 202, 227
Salt 104
Sanborn 379, 393
Sander 237, 241
Sauerlandt u. Graff 384, 393
Saupe 227
Schaller 327, 393
Schapovalov 198
Scheidter 422
Scherney 163, 164, 166, 168, 171, 175
Schmalfuss 384, 385, 393
Schmidt, H. 316, 317, 320, 393
Schmiedeknecht 81, 93, 114
Schimitschek 96, 107, 109, 112
Schimitschek, G. 107–109, 112
Schrader 46, 49, 50, 57, 201, 228
Schrödter 243
Schütze u. Roman 76, 77, 80, 85, 86, 93
Schwarz u. Koch 59, 60, 71
Schwerdtfeger 75, 93, 105, 106, 114, 412, 422
Scott 3, 33
Sedivy 75, 81
Seeliger 339
Sekera 373, 374
Sellke 7
Shchepetil'nikova 10, 11, 33
Shutt a. Wright 119, 121, 124, 125, 142, 162
Sidorovnina 8, 10
Siegel 366, 376
Siegel u. Meyer 376
Silverman a. Mer 116, 162
Silvo 74
Sinadskij 190
Slade 432
Smith 176, 185
Smith a. Pulton 265, 287, 292
Sorauer 249, 250
Spanović 410, 422
Speich 116, 137, 162
Speyer u. Waede 171, 175
Steiner 250–254, 258–262
Sternburg et al. 202, 228
Stoklosa u. Doerell 310, 385, 393
Strickland 106, 114
Strogoya 5, 33
Süchting 383, 393
Sweetman 9, 33

T

Talalajev 188
Talhouk 1, 4, 6, 33
Tattersfield, Kerridge, Taylor 288, 292
Taylor a. Smith 54, 57
Thalenhorst 87, 93, 176, 185
Thiele 311, 393
Tielecke 243, 249, 250, 254, 256, 258–261

Tischler 7–10, 33, 164, 175, 315, 393
Toth 327, 393
Trägardh 94, 97, 114
Trägardh, Schimitschek, Jahn 107
Tubeuf 75, 93
Tzitovich u. Snitko 4, 33

U

Ulrich 114, 311, 393
UN 33
Ungnade u. McBee 306
Unterstenhöfer 54, 265
Uvarov 395, 410

V

Varzandeh, Bruce, Decker 35, 57, 283, 292
Vasilev 247
Vassiliev 5–8, 11, 33
Vehrke 176
Verhoeff 312, 316, 317, 393
Vodjdani 3, 13, 33
Volz 105, 114, 315, 393

W

Wächtler 312, 393
Waksman 310, 394
Waksman u. Tenney 380, 385, 386, 393, 394
Watanabe 6, 33
Watson 282, 293
Webster 17, 33
Weiant 202, 228
Weise 244
Weissenberg 310, 394
Wermel u. Ignatiewa 74
West 162
White 94
Wichmann 331, 337
Wiesmann 202, 228
Wilcke 377
Will 316, 394
Wilson a. Gahan 293
Wilson, Gahan, McDuffie 293
Wigglesworth 70, 74
Wigglesworth u. Gillet 70, 74
Winter 324, 325, 394
Winter u. Bublitz 324, 379, 394
Winter u. Willeke 324, 379, 394
Witt 202, 228
Wittich 316, 317, 324, 326, 345, 376, 379, 386, 394
Wurmbach 346

Y

Yust, Fulton, Nelson 265, 282, 293

Z

Zinnovskij 196
Zivojinović 410, 422
Zubovskij 253
Zwölfer, H. 76, 77, 81, 82, 84, 87, 89, 93
Zwölfer, W. 2–12, 17, 22, 24, 28, 33

SACHREGISTER

A

Acanthoscelides 425, 426, 429
– *obtectus* Say. 424, 429
Acarididae 98, 100, 102, 104, 112, 395, 408, 409
Acarina 96, 98, 100, 102, 104, 107
Acer pennsylvanicum 316, 317, 322, 323
– *platanoides* 313–315, 317, 322, 323, 377 bis 379, 391
Acridium succinctum L. 408
Actinomyzeten 366
Acyrthosiphon pisum (Harris) 294
Abies sibirica 195
Abottsche Formel 51
Adlerfarn 95, 96
Aelia 5
Agonum 168, 169, 311
– *dorsale* Pont. 165, 167–169, 171, 174, 175
– *mülleri* Hrbst. 165, 167–169, 171, 174, 175
Ahorn 313, 317, 318, 324, 390
Aira flexuosa 97
Akarizide 265
Akazie 198, 324
Alburnus alburnus L. 338
Alnus glutinosa 313–315, 377–379, 382
Alophora subcoleopterata L. 5, 32
Amara 167, 311
Ameise 105, 106, 187, 190
Ammoniak, schwefelsaures 347, 353–356, 358, 360, 361, 372
Annelida 96–98, 100, 102, 105, 107
Anona squamosa 329, 330
Anopheles 342
– *maculipennis* 342
Anthonomus pomorum L. 256
Aonidiella aurantii Kast. 265
Apanteles 77, 78, 84–86, 88
– *ater* Ratz. 77, 84
– *longicauda* Wesm. 77, 78, 84, 86, 88, 90 bis 92
– *murinanae* Cap. u. Zwölf. 77, 78, 84, 88, 91, 92
– *pilicornis* Thoms. 77, 78, 84
Apfel 168
Aphaniptera 102, 106, 107
Aphiden 235, 294, 296
Aphididae 97, 98, 100, 102, 105, 107, 300
Aphis craccivora Koch 294, 300
– *fabae* Scop. 300
Arachnoidea 349
Aranae 96–98, 104, 107
Arcella vulgaris 339
Argyresthia illuminatella Fisch. 87
Armadillidium pallasii frontirostre 309, 319, 389, 391
– *vulgare* 309–315, 317–319, 321, 323, 385, 389, 390, 391
Arsen 420
Arthropleona 100, 102, 105, 107
Arthropoden 104, 105, 349
Asolcus 2, 6, 12
– *semistriatus* (Nees) 1, 2, 6–12, 17, 18, 20, 21, 22, 24, 25, 27–31
– – Pentatomiden-Wirte v. 7
– *vassilievi* (Mayr.) 6, 11
Aspergillus niger 231
– *repens* 5
Assel 307, 309–313, 316–318, 324–327, 360, 377–380, 385, 387–391
Auchenorrhyncha 233, 241
Aularches miliaris L. 395, 408
– *punctatus* Drury 395, 396, 408

B

Bacillus subtilis 324
Bakterien 307, 310, 316, 326–328, 355, 366, 377, 378, 380, 382–385, 387–391
Bakteriose 419
Baldrian 97
Baumwolleule 280
Beauveria bassiana 5, 191
Bembidium 311
Berlese-Automat 350
Beta-Arten 249
– *vulgaris cicla* L. 249
– – *crassa* 249
– – *saccharifera* L. 249, 401
Bettwanze 230
Betula pendula 313–315, 317, 322, 323, 326, 327, 377–388
BHC 140, 285
Bibioniden 106
Birke 313, 317, 318, 324, 390
Birne 199
Blabera fusca Br. 204, 227
Blaberus craniifer Burm. 201, 204, 205, 208, 209, 213, 215, 217–220, 224, 225, 227
Blastophagus minor Hart. 333, 335
– *piniperda* L. 197, 333
Blastotere sergiella Ratz. 87
Blattella germanica L. 52, 285
Blattidae 201, 227
Blattkäfer 190
Blattlaus 105, 294
Blitophaga opaca L. 253
Bodentiere 307–309, 320, 322, 324, 326, 327, 345, 386
Bohnen 265, 266, 270, 272, 275–278, 280–288

Bombyx mori 71
Borkenkäfer 331, 333
Bostrichidae 190
Bothynoderes attenebrosus Gyllh. 242
– *foveicollis* Gebl. 244
– *punctiventris* Germ. 242, 243, 248
– – Futterpflanzen v. 249, 250
– *sareptanus* Reitter 242
– *sareptensis* Chevr. 242, 244
– *stigma* Reitter 242, 244
– *tenebrosus* Gyllh. 244
– *uniformis* Chevr. 242, 244
Brachyrrhinus ligustici L. 248
Bracon sp. 77, 78, 86
– *stabilis* Wesm. 77, 78, 85, 86
Braconiden 78, 85, 86
Brassica oleracea L. 401
Brotkäfer 229
Bryobia praetiosa Koch 285, 292
Buchdrucker 334
Buche 94, 324
Buchen-Eichenwald 95, 96
Buchenwickler 83
Buntspecht 419
Bupalus piniarius L. 22, 23, 32
Buprestiden 191

C

Cacoecia murinana Hb. 75
Calandra 425, 426, 429
– *granaria* L. 256, 424, 429
Calathus fuscipes 168–170, 174, 175
Calliphora 425, 426
– *erythrocephala* Meig. 227, 424
Calotermes flavicollis 392
Calzium 380, 383
Campodea lankesteri 105
Camponotus herculeanus L. 187
Carabidae 96, 102, 106, 107, 163, 175, 311
Carabiden 163–169, 171–174
Carabus 163–165, 166, 168, 173–175, 311
– *auratus* L. 163–169, 172–175
– *cancellatus* Illig. 163–169, 172–175
– *granulatus* L. 163–169, 173–175
– *purpurascens* Fbr. 163–166
– *ullrichi* Germ. 163–166
– *violaceus* L. 163, 164
Carnitin 58–60, 70–72
Carpinus betula 313–315, 317, 322, 323, 377, 379
Carya ovata 316
Caseinhydrolysat 58–60
Ceder 195
Cerambycidae 422
Cerambyciden 191
Ceroplastodes guilliermondi Mahd. 329, 330
Ceuthorrhynchus napi Gyll. 256
Chalcididae 6, 22, 27, 78, 86
Chenopodiaceae 249, 401
Chilopoda 96, 98, 100, 102, 104, 360
Chloebius sp. 191
Chlordan 201–209, 211–227
Chlorochroa pinicola M. et R. 32
Cholera 342
Choristoneura murinana Hb. 75, 76, 87–92
Chromoderus fasciatus Müll. 245, 247, 248
Cicatetta musica var. *caspica* Kalt. 190
Cleoninae 242, 248, 260
Cleonus cinereus Schrk. 248, 260
– *foveicollis* Müll. 247, 248
– *nigrisuturatus* Goeze 248
– *pedestris* Poda 248
– *piger* Scop. 245, 247, 248, 250, 258, 260
– *punctiventris* Germ. 242
– *tigrinus* Panz. 248, 250, 251
Clytiomyia helluo F. 5
CO_2 378–385, 387–392
Coccidae 98, 105, 107
Coccoidea 329, 330, 444
Colemania sphenarioides Bolivar 395, 408
Coleoptera 98, 100, 102, 105, 107, 331
Collembola 96–98, 100, 102, 104, 105, 107–109, 111, 112, 328
Collembolen 349–351, 353, 355–357, 359, 362, 364–366, 368–371, 374, 375, 386
Coniocleonus glaucus Fabr. 245, 247
– *nigrisuturatus* Goez. 248
Conorrhynchus nigrivittis Pall. 248
Coprophagiden 190
Coptoformica exsecta Nyl. 187
Coracius benghlensis L. 407
Corylus avellana 313–315, 317, 322, 323, 326, 327, 377, 379, 391
Crustacea 107
Cryphalus saltuarius Weise 332
Cucullanus elegans Zed. 339
Cucurbita moschata Duchesne 401
– *pepo* L. 401
Cucurbitaceae 401
Culiciden 340, 342
Curculionidae 242
Curculioniden 191, 250, 255

D

Dactylis glomerata 234
DDT 141, 144, 146, 191, 193, 194, 197–199, 201–203, 227, 228, 285, 292, 421
Dendrobaena oktaedra 100, 102
– *oktuendra* 98
Dendroctonus engelmanni Hopk. 331
Dendrolimus pini 189, 190
– *sibiricus* 188, 195
Deschampsia caespitosa 96
Dhirhabda elongata Bre. 190
Dianthus caryophyllus 266
Diplopoda 96, 98, 100, 102, 104
Diplopoden 316–318, 320, 386
Diprionidae 176, 185

Diptera 4, 96, 97, 98, 100, 102, 106, 107, 112, 190
Dissolcus rufiventris Mayr. 6
Distel 249
Distelrüssler 248
Doralis fabae (Scop.) 292
Dorcadion aethiops Scop. 248
Dothichiza populnea 417
Drosophila 35, 291, 425, 426
– *melanogaster* 215, 227, 301–304, 424
Dryobates spec. 419
Dtsch. Ent. Ges., Arbeitstagung 114
Dysaphis plantaginea (Pass.) 299
Dyschirius 311

E

Eiche 94, 190, 193, 194, 313, 324, 390
Eichenspinner 193
Eichenwickler 199
Eisenia foetida 347, 349, 351–355, 357, 359, 360, 361, 365–368, 374
Elaeagnus 190
Elasmus albipennis Thoms. 77, 78, 86
Elateridae 96, 98, 100, 102, 106, 107
Enchytreen 328
Enchytraeiden 97, 98, 100, 102, 107, 112, 349–351, 353, 354, 361, 365–367, 369, 374, 376
Engerling 196
Entognatha 98, 100, 102, 104, 107
Enzephalitis-Virus 192
Ephialtes sagax Htg. 77, 78, 85
Epiblema nigricana H. S. 75, 92
Epinotia nigricana H. S. 75–80, 82, 85–93
– – Parasiten von, 77, 78
– *proximana* H. S. 89
– *pusillana* Peyran 89
Erbsenblattrandkäfer 250
Erdbeere 168
Ergaster faber L. 392
Erle 313, 316, 317, 324, 390
Esche 411
Escherichia coli 324
Eubadizon extensor L. 85, 88
– *pectoralis* Nees. 85
Eudynaminae 407
Eudynamis scolopaceus L. 407
Eulophus aeneicoxa Thoms. 77, 78, 85, 86
Eurygaster 5, 6, 8, 12
– *integriceps* Put. 1–6, 11, 13, 14, 16–18, 20, 21, 24, 25, 28, 30–33
Euscelis 235, 237, 238, 240, 241
– *bilobatus* 238, 240
– *distinguendus* 234, 238, 239
– *dubius* 238, 240
– *incisus* 238, 239
– *lineolatus* Brullé 233–241
– *plebejus* Fall. 233–241
– *stictopterus* 238, 240
Eyprepocnemis roseus Uvarov 395, 396, 399, 403–407

F

Fagus silvatica 313–315, 317, 322, 323, 377–379, 383
Farn 112
Fasan 243
Faulbaum 199
Fichte 105, 176, 195
Fichtenbuschhornblattwespe 176, 183
Fisch 333, 334
Fixierflüssigkeit nach Gisin 350
Flagellaten 326, 390
Fliegen 285, 336
Formica aquilonia Yarrow 187
– *lugubris* Zett. 187
– *nigricans* EM 187
rufa L. 187
– – *pratensis* 187
– – *rufopratensis maior* Goessw. 187
– *truncicola* Fabr. 187
Formicidae 96, 100
Friesea mirabilis 357, 374, 375

G

Gänsefuß 249
Galerucella luteola Muls. 191
Gallmotte 190
Gallmücke 171
Gammexan 423, 424, 427, 428, 430, 431
Gastropoda 96, 107
Gastropoden 325
Geometridae 22
Geophilidae 360
Gerste 1, 165, 166
Getreidewanze 1, 2, 26, 28
Gilpinia abieticola (D. T.) 176, 178–184
– Arten 177, 184
– *hercyniae* (Htg.) 176, 178–185
– *polytoma* (Htg.) 176–185
Glomeridae 96
Gnathocerus cornutus F. 60, 70, 73
Gramineae 401
Gregarinen 225

H

Habrocytus eucerus Ratz. 77, 78, 85, 86
Hadronotus carinatus Masner 6, 32
– *pedester* Kief. 6
Hainbuche 97
Halogenkohlenwasserstoffe 301
Harpalus 311
– *aeneus* 168
– *pubescens* Müll. 164, 165, 167, 168, 174, 175

Hasel 199
Haselnuß 313, 316–318, 324, 390
Hausfliege 301
HCH 190–194, 199, 202, 228, 420
Heferückstand 58, 59, 60
Heiderüssler 248, 250
Heloyia lateralis Meig. 5
Hemipteren 97, 199
Hemiteles pulchellus Grav. 77, 78, 86, 87
– *similis* Gmel. 77, 78, 86, 87
– sp. 77
Heptachlor 201–227
Herpestomus flavoclypeatus Strobl. 77, 78, 87, 88
Heteroptera 1
Hexapoden 349
Hieroglyphus banian Bolivar 408
– *nigrorepletus* Bolivar 395, 408
Hister fimetarius Herbst. 248
– *pipustulatus* Schrk. 248
– *4-notatus* Scriba 248
Histeridae 248
Holcocneme Erichsonii Htg. 191
Holocerus sp. 190, 191
Holunder 198, 316
Holzbohrer 190, 191
Homoptera 98, 100, 102, 105, 107, 233, 241, 300, 329
Honigtau 8
Hopfen 266, 270, 272, 275–278, 280–282, 284–290
Horogenes 85
– sp. 77, 85
– *tenuipes* Thoms. 77, 85
– *? varians* Brisch. 77, 78, 85, 88, 89
Hühner 4, 5
Humulus lupulus 266
Hylastes 337
– *angustatus* Er. 336
– *ater* Payk. 336
– *cunicularius* Er. 332
Hyloniscus riparius 311
Hylurgops glabratus Zett. 332
– *palliatus* Gyll. 331, 332
Hymenoptera 1, 2, 4, 10, 97, 100, 102, 106, 107, 176, 185
Hypogastrura 359, 368, 374
– *assimilis* 357, 370, 375
– *denticulata* 357, 375
Hypogastruriden 357

I

Ichneumoniden 78, 81–83, 85
Idiochroma dorsalis 311, 312
Inontus pseudohispidulus Kr. et Schn. 191
Insektizide 34, 54, 201, 202, 204, 216, 217, 219, 223, 227, 267, 282, 301, 420, 423
Ipiden 331, 334, 337
Ipomea 36
Ips stenographus 197
– *typographus* L. 334
Isopoden 320
Isotoma 328
Ixodes sp. 192

J

Jassiden 233, 241

K

K_2O 377, 379, 384, 391
Kali 347, 350, 354–356, 358, 360–362, 372–374
Kalium 380–386, 388–391
Kalk 199
Kalkammonsalpeter 347, 353–356, 358, 360, 361, 372
Kalkstickstoff 347, 353–356, 358, 360, 361, 372
Karotte 97
Kartoffel 164
Kartoffelkäferlarven 168–174
Kiefer 190, 336
Kiefernbuschhornblattwespe 195
Kieferneule 22, 200
Kiefernrindenwanze 195
Kiefernspinner 195
Kirsche 97, 168
Klettenrüssler 251
Knaulgras 235
Knöterich 249
Kohlenwasserstoffe, chlorierte 201
Kohlweißling 231
Kompost, Tierbesiedlung des 345
Kontaktinsektizide 4, 283, 420
Kräuterpräparat 348

L

Lacciferidae 444
Lacerta-Arten 4
Lärche 195
Lärchenblattwespe 191, 192
Lakshadia communis 330, 437, 438, 441, 444
– *mysorensis* 434, 438, 441, 444
– *nagolensis* 435–440, 444
Lamium album 266, 289
Larix daurica 195
– *sibirica* 195
Laufkäfer 163, 166–168, 171, 173
Lecaniidae 330
Leontice leontopetalum 11
Lepidoptera 22, 92
Leptinotarsa 233
Leptus apterus 190
Leuciscus rutilus L. 333

Leucosomus pedestris Poda 248
Ligium hypnorum 311
Linde 199, 313, 324, 391
Liophleus tessulatus Müll. 247, 248
Lissonota 80–82, 86, 90–92
– *buolianae* Htg. 77, 78, 80–82, 88, 91, 92
– *dubia* Hlgr. 77, 80
– *errabunda* Hlgr. 77, 80
– *folii* Thoms. 77, 80
– *nigra* Brisch. 77, 78, 80, 81, 91, 92
– sp. 77, 80
– *transversa* Bridgm. 77, 80
Lixus subtilis Storm. 242, 248
Lucanidae 96
Lumbriciden 96–98, 100, 102, 107, 112, 349
Lumbricus rubellus 351
Lupine 324
Luzula-Quercetum 95, 96
Lycopersicum esculentum Mill. 401
Lyctus 191
Lygaeiden 199
Lymantria monacha L. 33

M

Maikäfer 196
Mais 191
Malaria 340, 342
Mangold 249, 250
Meerrettich 97
Mehlkäfer 58, 70
Mehlmotte 229
Meloiden 248
Melophagus 426, 427
– *ovinus* L. 424
Mesochorus anthracinus Kriechb. 77, 78, 86, 87
– *longicauda* Thoms. 77, 86
Mesostigmata 98, 100, 102, 104, 112
Metatachardia conchiferata 439, 444
Metatetranychus ulmi Koch 57
Meteorus confinis Ruthe 77, 78, 86
Microlepidopteren 84
Microphanurus 6
– *semistriatus* Nees. 2, 6, 33
Mikroorganismen 307, 308, 310, 388
Milben 96–98, 100, 102, 104, 106–109, 111, 112, 285, 289, 349, 350, 353, 357, 358, 361, 362, 365, 366, 369, 370, 371, 374
Milbenenzephalitis 192
Minze 97
Mirabelle 266, 270, 271, 275–278, 280–282, 284–290
Miriden 199
Molybdän 265
Musca 425, 426
– *domestica* L. 202, 228, 265, 285, 292, 301–303, 424
– *nebulo* 115
– *sorbens* 116
– *vicina* 115, 162
Muscardine 191
Mycetophiliden 336
Mykose 419
Mysotis palustris 295
Myriapoda 97, 98, 100, 102, 104, 107, 112
Myzus ajugae Schout. 296
– *certus* (Walk.) 296, 298, 299
– *mysotidis* (Börn.) 295, 296, 298
– *persicae* (Sulz.) 294–297, 299, 300
– *varians* Davidson 300

N

Nabiden 199
Nanophyes sp. 190
Nardus stricta 332
Nebria 311
– *brevicollis* F. 168–171, 174, 175
Necrophorus-Arten 248
Nelke 266, 270, 272, 275, 283, 284, 290
Nematoden 97, 107, 225, 326, 328, 339
Nicotiana tabacum L. 401
Nonne 231
Notiophilus 311
Nygmia phaeorrhoea 191

O

Ocys 311
Oeccoptoma thoracica L. 258
Omorga 83, 86, 90–92
– *abbreviata* Brisch. 77, 82
– *atramentaria* Schmied. 77, 87, 82, 83, 91, 92
– *fauna* Grav. 77, 78, 82
– *mutabilis* Hlgr. 77, 78
– *rothi* Hlgr. 77, 78, 82, 83, 91, 92
– sp. 77, 82
Oniscus asellus 309–313, 389, 391
Onychiurus 328, 275
– *fimatus* 352, 374–375
Onychophora 107
Ooencyrtus pinicola Mats. 197
– *telenomicida* Vass. 6
Opatrum sabulosum L. 248
Orthezia cataphracta 105
Oribatei 98, 100, 102, 357
Oribatiden 104, 112
Orthomicus suturalis 190
Orthoptera 201, 395, 408, 409
Oryzaephilus surinamensis 72
Oryz sativa L. 401
Otiorrhynchus-Arten 248
– *fullo* Schrk. 248
– *peregrinus* Stel. 248

P

Pachyneuron solitarius Rtzb. 197, 198
Palorus ratzeburgi Wissman 60, 70, 72, 73
Pammene weirana Dougl. 83

Panolis flammea Schiff. 22, 23, 33
Paparodia Ip. 190
Pappel 198, 313, 316–318, 324, 390, 411, 413, 419–421
Pappelbock, kl. 410, 411, 419, 421
Pappelglasschwärmer 198
Parahieroglyphus bilineatus Bolivar 395, 396, 408
Parasitiformes 357
Parathion 265
Patanga succinata L. 395
Pauropoda 98, 100, 102, 104
Pearsonsche Formel 15
Pearsonscher Test 80
Pediculus vestimenti 71, 73
Pentatomidae 1, 7, 30
Pentatomiden 199
Periplaneta 201, 203, 204, 219
Pfeifengras – Birken/Eichenwald 96
Pfirsichblattlaus, grüne 294–296
Phaeogenes 90
– *osculatur* Thunb. 87, 89
Phanurus politus Mayr. 6
Phaseolus vulgaris 36, 44, 266
Phasia crassipennis F. 5
Phlox 92
Phosphor 380–383, 385, 386, 388–391
Phosphorester 421
Phosphorsäure 372, 373
Phosphorsäureester 266
Phthiracarididen 97
Phthorophloeus spinulosus Rey. 332
Phygadeuon infernalis Ruthe 77, 78, 85
Phyllobius urticae Deg. 248
Picea Engelmanni 331
Pilze 308, 310, 316, 360, 418
Pilze, entomophage 4, 5
Pimpla flavicoxis Thoms. 77, 78, 86
Pinus cembra sibirca 188
Pissodes notatus 190
– *pini* 332
Pityogenes alpinus Egg. 332
Platymycterus trapezcollis F. 191
Poecilocerus pictus F. 395, 408
Poecilus 311
Polyporaceae – Pilze 191
Popilla japonica 188
Populus alba 199, 418
– *berolinensis* 199
– *canadensis* 199
– *euroamericana* 418
– *marilandica* 418
– *nigra* 198, 199, 313–315, 317, 322, 323, 378, 418
– *nigra* v. *pyramidalis* 418
– *robusta* 418
– *serotina* 418
– *simonii* 199
– *tremula* 148, 418
Porcellio scaber 309–322, 324, 326, 385, 386, 388–392
Porphyrophora polonica 105
Porthetria dispar 191
Proctotrupidae 1, 2, 6, 9
Proisotoma minuta 357, 375
– spec. 368, 374
– *thermophila* 357, 375
Protura 96, 98, 100, 102, 104, 107
Prunus domestica 266
– *padus* 316
– *serotina* 295
Psalidium masilosum T. 247, 248
– *sculpturatum* Reh 248
Pseudoscor pionida 98, 100, 102, 104, 107
Psocopteren 97
Pteleobius vittatus F. 334, 335
Pteridium aquilinum 95, 96
Pterophoriden 84
Pterostichus cupreus L. 164, 165, 168, 174, 175
– *vulgaris* L. 164, 165, 167, 168, 174, 175
Ptiliidae 102, 106
Pterostichus 311
Pygnoscelus surinamensis L. 227

Q

Querceto–Betuletum molinietosum 96

R

Rapsglanzkäfer 171
Raptiformica sanguinea Latr. 187
Rebhuhn 343
Regenbogenprachtkäfer 191
Regenwurm 97, 106, 112, 168–171, 307, 316–318, 324, 328, 347, 349–352, 354, 359, 367, 369, 374
Reptilien 4
Rhodnius prolixus Stal. 74
Rhyncherus Sp. 191
Robinie 97
Roggen 1, 165, 166
Rosen 265
Roßkastanie 324
Rotbuche 313, 317, 318, 390
Rotklee 165, 166
Rüben 249, 250, 253, 254, 269
Rübenaaskäfer 253
Rübenderbrüssler 242–251, 253–256, 258, 259
–, Futterpflanzen 249, 250
Rübenrüsselkäfer, östlicher 248
Rübsenblattwespe 171
Rückfallfieber 342
Rüsselkäfer 190, 242, 256
Ruhrvolldünger 347, 350, 354–356, 360, 361, 372
Rumex obtusifolius 295

S

Saccharum officinarum L. 401
Salat 249, 250
Salbei 97
Salix 190, 191
– *caprea* 418
– *viminalis* 418
Sandakazie 190
Sandwich-Methode 216
Saperda populnea L. 410, 412, 414, 417–422
Sappaphis plantaginea Pass. 300
Sarcophagiden 190
Scelionidae 2, 6, 9, 10
Sciapteron tabaniformes Rot. 419
Sciara 105
Sciariden 336
Schabe 35, 212, 217–219, 223
Schildlaus 330
Schistocerca gregaria Forsk. 32, 395
Schleichera trijuga 436–438
Schlupfwespe 419
Schnecke 168
Schwemm-Methode 97
Selen 265
Semasia rufimitrana H.S. 75
Shorea talura 434
Sitona lineata L. 248, 250
Sorbus torminalis 316
Solanum melongena L. 401
– *tuberosum* L. 401
Spinat 249, 250
Spinne 190, 419
Spinnmilben 36, 38, 44, 265, 267, 268, 283, 285, 288, 289
Spinner, sibirischer 188, 189, 195–198, 200
Springschwänze 106–108
Squalius cephalus L. 333
Staphylinoidea 98, 100, 102, 106, 107
Staphylococcus aureus 324
Stechmücke 340
Stickstoff 347, 372, 374, 377, 379–382, 384–387, 389–391
Stubenfliege 202, 204
Symphyla 97, 98, 100, 102, 104
Symphypleona 100, 102, 105, 107
Systox 36, 38, 45, 47, 51, 52, 54

T

Tabak 231, 249, 250
Tachinen 5, 6, 419
Tachinus 311
Tamarix 119
Tanne 75, 89–91
–, sibirische 195
Tannenknospenwickler 75, 91
Tannenlepidopteren 87–89, 91
Tannentriebwickler 91
Tanymecus palliatus Fabr. 242, 247, 248, 250, 251
Tardigrada 107
Taubnessel 266, 270, 271, 275, 276, 282, 284, 286, 290
Taufliege 301
Tausendfüßler 360
Telenomus 6
– *gracilis* Mayr. 197, 198
– *sokolovi* Mayr. 6
Teleochrysalis 280
Tenebrio molitor L. 60, 70–74
Tenebrioniden 58
Tetraethylpyrophosphat TEPP 267–269, 272, 282, 283, 289–291
Tetranychus althaeae v. Hanst. 57, 285, 292
– *cinnabarinus* 54
– *telarius* 54, 265, 284, 292, 293
– *urticae* Koch 34, 35, 44 46, 49, 55, 56,
Thomasmehl 347, 348, 352–356, 358, 360–362, 364, 368, 369, 372–374
Thaumetopoea processioneal 193
Thymian 97
Thysanoptera 97, 98, 105, 107
Thysanura 97, 98, 100, 102, 104, 107
Tilia americana 316
– *cordata* 313–315, 317, 322, 323, 377, 379
Tingitiden 199
Tipuliden 106, 336
Tomate 265
Tomocerus 328
Tortriciden 85, 87
Tracheoniscus ratzeburgi 322
Trauerweide 324
Triassolcus simoni Mayr. 6
Tribolium castaneum Hbst. 60, 70, 72, 73
– *confusum* Duv. 59, 60, 70, 73
– *destructor* Uttenb. 58–60, 70–74
– –, synthetische Nahrung v. 59
Trichogramma 27
– *androlimi* Mats. 197, 198
– *embryophagum* Htg. 22, 23, 32
Triticum durum 11
Trombidiformes 98, 100, 102, 104, 112
Tullgrensche Methode 96, 97, 107, 112 57, 265, 266, 288, 290–292
Thanasimus formicarius L. 332

U

Ulme 191, 199, 313, 390
Ulmenblattkäfer 191
Ulmus americana 316
– *carpinifolia* 313–315, 317, 322, 323, 377, 391
Urtica urens 295

V

Variatis Sazuvaz M. Iriboz. 248
Viburnum opulus 316

Vicia faber 234, 239
Vögel 4

W

Waldgärtner 333, 334
Waldgeißblatt 199
Waldzecke 192, 193
Walnuß 324
Wanze 199
Weißbuche 313, 390
Weizen 1, 11, 30

X

Xylogenes turcomaniens Furs. spe. nov. 190
Xyloterus lineatus Ol. 331, 332

Z

Zabrus tenebrionides 168
Zea mays L. 401
Zeiraphera rufimitrana H.S. 75, 82, 83, 88, 89, 91, 92
Zikade 190, 233
Zizyphus jujuba 434, 435
Zwiebel 97

Krankheiten und Schädlinge im Gemüsebau

und ihre Bekämpfung

Von Prof. Dr. W. KOTTE

Direktor i. R. des Pflanzenschutzamtes Freiburg i. Br.

3., neubearbeitete Auflage / 1960 / 386 Seiten mit 160 Textabbildungen und 8 Farbtafeln
Kartoniert 46,– DM / In Ganzleinen 50,– DM

Allen, die Gemüse anbauen, sich mit der Bekämpfung und Behandlung von Krankheiten und Schädlingen an Gemüsepflanzen – sei es in der Praxis oder der einschlägigen Industrie – befassen oder im gemüsebaulichen Pflanzenschutz lehrend und beratend tätig sind, vermittelt das Buch die Kenntnisse, die zum Schutze der Kulturen vor Schädlingen aller Art als Grundlage dienen sollen. 160 zum Teil erneuerte und verbesserte, instruktive Abbildungen sowie acht neu hergestellte Farbtafeln erleichtern das Verständnis des Textes. Die für den gemüsebaulichen Pflanzenschutz heute zur Verfügung stehenden Geräte werden ebenfalls dargestellt. Für den, der tiefer in Einzelfragen eindringen will, ist der neuen Auflage erstmalig ein Verzeichnis neuerer Literatur beigefügt.

„Im neuen Kotte liegt nunmehr wieder ein repräsentatives Handbuch für den fortschrittlichen Gemüsebauer vor, das rückhaltlos empfohlen werden kann."

Pflanzenschutz

Ebenfalls von Prof. Dr. W. KOTTE liegt vor:

Krankheiten und Schädlinge im Obstbau

und ihre Bekämpfung

3., neubearbeitete Auflage / 1958 / 536 Seiten mit 233 Abbildungen und 8 mehrfarbigen Tafeln / In Ganzleinen 54,– DM

Dieses bekannte und bewährte Standardwerk des Pflanzenschutzes im Obstbau vermittelt jedem, der Obstbau treibt oder in ihm lehrend oder beratend tätig ist, einen maßgeblichen Überblick über die erforderlichen biologischen und technischen Kenntnisse, um die Bekämpfung von Krankheiten und Schädlingen im Obstbau mit Erfolg durchführen zu können. Es wurde den vielfachen Fortschritten und Erkenntnissen der letzten Jahre entsprechend umfassend neu bearbeitet und damit ganz den Erfordernissen der Jetztzeit angepaßt.

„Der Kotte gilt als das beste deutschsprachige Werk auf dem Gebiet der Schädlingsbekämpfung in zusammengefaßter Form. Auch die Aufmachung und Ausstattung sind erstklassig."

Der Landwirt, Bozen

VERLAG PAUL PAREY · BERLIN UND HAMBURG

142/2 Pe 2

Wir empfehlen zum Bezug:

Anzeiger für Schädlingskunde

vereinigt mit „Schädlingsbekämpfung"

Zugl. Nachrichtenblatt der „Deutschen Gesellschaft für angewandte Entomologie e.V."

Herausgebergemeinschaft: Reg.-Rat Dr. W. Frey, Berlin, Prof. Dr. H. Kemper, Berlin, Ob.-Reg.-Rat Dr. E. Leib, Bonn, Prof. Dr. Dipl.-Ing. E. Schimitschek, Hann. Münden, und Prof. Dr. W. Zwölfer, München

Schriftleitung: Prof. Dr. Dipl.-Ing. E. Schimitschek

Erscheinungsweise: monatlich / Bezugspreis: vierteljährlich 12,– DM zuzügl. Versandkosten
Einzelheft 5,– DM

Die Probleme einer wirksamen Schädlingsbekämpfung, die nötigen Kenntnisse der Schädlingsarten und ihrer Lebensweise sowie neue Methoden ihrer Bekämpfung werden in dieser Zeitschrift interessant und anregend in Originalarbeiten und Berichten deutscher und ausländischer Forscher dargestellt. Die Originalarbeiten haben teils Zusammenfassungen in deutscher und englischer Sprache. Besonders hervorzuheben ist die ausführliche Zeitschriftenschau, in der laufend über alle wichtigen Veröffentlichungen des In- und Auslandes getrennt nach Sachgebieten referiert wird.

Pflanzenpathogene Bakterien

Eine Einführung mit Hinweisen auf einschlägige bakteriologische und serologische Arbeitsmethoden

Von Ob.-Reg.-Rat a. D. Dr. C. Stapp

1958 / 260 Seiten mit 100 Abbildungen / Kartoniert 29,– DM / In Ganzleinen 32,– DM

„In erschöpfender Darstellung wurden von dem als ausgezeichneter Kenner der Pflanzenbakteriosen einen internationalen Ruf genießenden Autor alle bisher bekannt gewordenen, durch Bakterien verursachten Erkrankungen der Pflanzen behandelt. Somit wurde ein Standardwerk geschaffen, in welchem dieses schwierige Wissensgebiet eine meisterhafte Bearbeitung erfahren hat." *Sydowia, Wien*

„Das vorliegende Buch schließt tatsächlich eine bisher vorhandene empfindliche Lücke im Schrifttum über Pflanzenpathologie, denn es stellt das erste Lehrbuch, in dem das Gebiet der pflanzenpathogenen Bakterien behandelt wird, dar. Dem Verfasser, der weltweiten Ruf auf diesem Forschungsgebiet genießt, wie dem Verlag, ist daher für dieses Werk besonders zu danken." *Anzeiger für Schädlingskunde*

VERLAG PAUL PAREY · BERLIN UND HAMBURG